BIBLIOTHEK v. COLER - v. SCHJERNING.
BAND XXXIII.

Bischoff, Hoffmann und Schwiening.

LEHRBUCH
DER
MILITÄRHYGIENE

II. BAND

E. H. B.

33. 16. 288.

BIBLIOTHECA · BOSTONIENSIS · MEDICINAE
SERVAT · ET · DOCET
FVNDATA
EX DONO
WINSOR FUND.

BOSTON MEDICAL
FEB 16 1911
LIBRARY.

LEHRBUCH

DER

MILITÄRHYGIENE.

Unter Mitwirkung von

Dr. H. Findel,
Stabs- und Bataillonsarzt
des Eisenbahnregiments Nr. 3,

Dr. H. Hetsch,
Stabsarzt
im Kriegsministerium,

Dr. K. H. Kutscher,
Stabsarzt
an der Kaiser Wilhelms-Akademie,

herausgegeben von

Prof. Dr. H. Bischoff,
Oberstabs- und Regimentsarzt
des Eisenbahnregiments Nr. 3,
Berlin.

Prof. Dr. W. Hoffmann,
Stabsarzt
an der Kaiser Wilhelms-Akademie,
Berlin.

Prof. Dr. H. Schwiening,
Oberstabsarzt
an der Kaiser Wilhelms-Akademie,
Berlin.

Berlin 1910.
Verlag von August Hirschwald.
NW., Unter den Linden 68.

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/lehrbuchdermilit0000unse

BIBLIOTHEK VON COLER-VON SCHJERNING.
BAND XXXII.

LEHRBUCH

DER

MILITÄRHYGIENE.

II. BAND:

Allgemeine Bauhygiene, Beleuchtung, Heizung, Lüftung, Wasserversorgung, Beseitigung der Abfallstoffe

bearbeitet von den Stabsärzten

Prof. Dr. **W. Hoffmann**, Dr. **H. Hetsch**, Dr. **K. H. Kutscher.**

Mit 198 Abbildungen im Text.

Berlin 1910.
Verlag von August Hirschwald.
NW., Unter den Linden 68.

9429 W.

Alle Rechte vorbehalten!

MICROFILMED
AT HARVARD

Inhaltsverzeichnis.

I. Abschnitt. Seite

Allgemeine Bauhygiene von Stabsarzt Prof. Dr. **W. Hoffmann** . . . . . 1—70

1. Kapitel: Auswahl des Baugrundes . . . . . 1—22

A. Allgemeines 1
B. Der geologische Aufbau des Bodens 2
C. Die Schichtung des Bodens 5
D. Untersuchung der Bodenproben 7
a) Korngröße 7
b) Porengröße und Porenvolumen 8
c) Wasserkapazität 8
d) Das kapillare Aufsaugungsvermögen. (Kapillare Attraktion) 9
e) Mineralogisches 10
E. Bodentemperatur und Bodenluft 11
F. Das Verhältnis des Bodens zum Grundwasser 14
G. Hygienische Betrachtungen über die Bodenfeuchtigkeit 17
H. Verunreinigung des Bodens 17
1. Hygienische Bedeutung eines verunreinigten Bodens 17
2. Untersuchung des Bodens auf Verunreinigung 20
a) Chemische Bodenuntersuchung 21
b) Bakteriologische Bodenuntersuchung 21

2. Kapitel: Bebauung des Grundstückes . . . . . 22—59

a) Die Herstellung des Baugrundes 22
b) Bebauung des Grundstückes 23
1. Orientierung der Gebäude nach der Himmelsrichtung 23
2. Abstand der Gebäude 26
3. Höhe der Gebäude 27
4. Hausfundament 28
5. Unterkellerung 30
6. Außen- und Innenwände 32
a) Die Trockenheit der Mauern 33
b) Das Wärme- und Schalleitungsvermögen 34
7. Zwischenböden 40
8. Fußboden 42
9. Fenster und Türen 49
10. Das Dach 54
11. Der Blitzableiter 58

3. Kapitel: Beziehbarkeit . . . . . 59—70

A. Bestimmungen über die Beziehbarkeit 59
B. Die Wohnungsfeuchtigkeit 60
a) Die Entstehung der Wohnungsfeuchtigkeit und ihre Folgen 60
b) Nachweis der Wohnungsfeuchtigkeit 67
c) Verhütung und Beseitigung der Wohnungsfeuchtigkeit 68

Seite

II. Abschnitt.

Versorgung der Räume mit Licht (Beleuchtung) von Stabsarzt Prof. Dr. **W. Hoffmann** . . . . . 70—121

Allgemeines 70
a) Wirkung des Lichts 70
b) Einheit und Messung des Lichts 74
c) Natürliche Beleuchtung 81
d) Die künstliche Beleuchtung 85
1. Die Kerzenbeleuchtung 86
2. Die Beleuchtung mit Oel 87
3. Die Petroleumbeleuchtung 88
4. Die Steinkohlengasbeleuchtung 92
5. Die Azetylengasbeleuchtung 97
Hygienische Wirkung des Azetylens 101
6. Die Glühlichtbeleuchtung 102
7. Elektrische Beleuchtung 107
Allgemeines
Das Kohlenfadenglühlicht 109
Metallfadenlampen 109
Die Nernstlampe 111
Das Bogenlicht 112
8. Indirekte Beleuchtung 114
9. Hygienische Betrachtungen der künstlichen Beleuchtungsarten unter Berücksichtigung der Kosten 115
10. Vorsichtsmaßregeln beim Gebrauch von Beleuchtungsgegenständen 119

III. Abschnitt.

Wärmeregulierung der Räume (Heizung) von Stabsarzt Prof. Dr. **W. Hoffmann** . . . . . 122—160

A. Hygienische Betrachtungen über Heizung 122
1. Kapitel: Notwendigkeit einer bestimmten Raumtemperatur 122
2. Kapitel: Wärmeerzeuguung (Heizstoffe) 125
3. Kapitel: Gefahren durch Rauch und Rauchgase 127
4. Kapitel: Gesundheitliche Anforderungen an eine Heizungsanlage . . . 129
B. Die verschiedenen Arten der Heizung 132
1. Kapitel: Einzelheizung . . . . . 133—141
a) Kaminheizung 133
b) Oefen mit geschlossener Feuerung 134
c) Elektrische Heizung 140
2. Kapitel: Sammelheizungen (Zentralheizungen) . . . . . 141—150
a) Luftheizung 141
b) Die Wasserheizung 143
c) Die Dampfheizung 146
d) Etagenheizung 147
3. Kapitel: Hygienische Betrachtungen . . . . . 150—160
a) Die Heizkörper 150
b) Automatische Temperatur- und Feuerungsregelung. Fernthermometer 153
4. Kapitel: Vorteile und Nachteile der Ofen- und Zentralheizung. Kosten 158
Kosten der Einrichtungen von Zentralheizungen 160

IV. Abschnitt.

Lüftung der Räume (Ventilation) von Stabsarzt Prof. Dr. **W. Hoffmann** 160—185

1. Kapitel: Notwendigkeit der Raumlüftung mit Berücksichtigung militärischer Verhältnisse . . . . . 160—162
2. Kapitel: Die Veränderung der Luft der Wohnräume . . . . . 162—166

Seite
3. Kapitel: Größe des erforderlichen Ventilationsbedarfes . . 166—169
Luftkubus 168
4. Kapitel: Die Mittel zur Lufterneuerung . . . . . 169—185
Die natürliche Lüftung 170
Lüftungseinrichtungen zur Unterstützung der natürlichen Ventilation . . 173
Die künstliche Ventilation 175
Die Zu- und Abluftkanäle 181
Die Lage der Ausmündungen in den Kanälen. (Zu- und Abluftöffnungen.) 183
Untersuchungen von künstlichen Ventilationseinrichtungen 185

V. Abschnitt.

Wasserversorgung von Stabsarzt Dr. **H. Hetsch** . . . . . 187—323
1. Kapitel: Die Wasservorräte der Natur, ihre Entstehung und ihre wichtigsten Eigenschaften . . . . . 187—196
1. Meteorwasser 187
2. Grundwasser 188
3. Quellwasser 190
4. Oberflächenwasser 195
2. Kapitel: Welche Anforderungen sind an ein Trink- und Hausgebrauchswasser zu stellen und welche Gesichtspunkte sind für dessen Auswahl maßgebend? . . . . . 197—205
3. Kapitel: Die Untersuchung des Wassers und die Beurteilung ihrer Ergebnisse . . . . . 205—237
A. Untersuchungsmethodik 205
1. Die physikalische Untersuchung 205
2. Die chemische Untersuchung 208
3. Die bakteriologische Untersuchung 213
4. Die mikroskopische Untersuchung 218
B. Beurteilung der Untersuchungsergebnisse 219
1. Beurteilung der physikalischen Befunde 220
2. Beurteilung der chemischen Befunde 222
3. Beurteilung der bakteriologischen Befunde 227
4. Beurteilung der mikroskopischen Befunde 231
4. Kapitel: Die Ortsbesichtigung . . . . . 237—242
5. Kapitel: Künstliche Verbesserung des Wassers . . . . . 242—256
1. Enteisenungsverfahren 242
2. Klärung, Keimbeseitigung und Enthärtung durch Chemikalien . . . 248
3. Filtration 251
4. Abkochen des Wassers 255
6. Kapitel: Die Einrichtung von Wasserversorgungsanlagen . . 256—293
A. Regenwasser-Versorgungsanlagen 257
B. Grundwasser-Versorgungsanlagen 257
1. Brunnen für Einzelversorgung 258
a) Rohrbrunnen 259
b) Schacht- oder Kesselbrunnen 265
2. Brunnen für Zentralversorgung 271
C. Quellwasser-Versorgungsanlagen 272
D. Oberflächenwasser-Versorgungsanlagen 274
1. Talsperren 274
2. Filteranlagen 275
3. Ozonisierungsanlagen 281
E. Zuleitung des Wassers aus zentralen Versorgungsanlagen 286
1. Reservoire bez. Hochbehälter 286
2. Rohrnetz 287
3. Zapfhähne und Ventilbrunnen 290

Seite

7. Kapitel: Betrieb und Ueberwachung der Wasserversorgungsanlagen . . . . . 293—299
8. Kapitel: Besondere Verhältnisse der Wasserversorgung der Truppen . . . . . 299—321
1. Wasserversorgung in der Garnison 300
2. Wasserversorgung bei Truppenübungen und im Felde 304

VI. Abschnitt.

Die Beseitigung der Abfallstoffe von Stabsarzt Dr. **K. H. Kutscher** . 323—441

1. Kapitel: Die Zusammensetzung und Menge der Abfallstoffe 323—329
Müll 324
Straßenkehricht 324
Feste und flüssige menschliche Exkremente 324
Tierische Exkremente 325
Hausabwässer 326
Meteorische Niederschläge 327
Abwässer aus gewerblichen Betrieben 328
Gesamtmenge 328
2. Kapitel: Die hygienische Bedeutung und Würdigung der Abfallstoffe . . . . . 329—332
3. Kapitel: Die Beseitigung des Mülls . . . . . 332—338
Allgemeines. Bestimmungen 332
Sammlung des Mülls 333
Abfuhr und Verwertung des Mülls 335
Verbrennung des Mülls 337
Straßenkehricht 338
4. Kapitel: Die Beseitigung der Fäkalien und des Harns . . . 338—353
Allgemeines. Bestimmungen 338
Abfuhr der Fäkalien 340
Grubensystem 340
Tonnensystem 347
Geruchlosmachung der Fäkalien 348
Feuerklosetts 350
Verwertung der Fäkalien 350
Harn 351
5. Kapitel: Die Beseitigung und Verwertung des tierischen Düngers . . . . . 353—354
6. Kapitel: Die Beseitigung der Brauchwässser . . . . . 354—378
Allgemeines. Bestimmungen 354
Die verschiedenen Kanalisationssysteme 356
Spülkanalisation 356
Schwemmkanalisation 358
a) Mischsystem 358
b) Trennsystem 367
Pneumatische Systeme 368
Die hygienische Bewertung der Kanalisation 369
Die endgültige Beseitigung der Abwässer 370
1. Charakter der Abwässer 371
2. Einleitung in öffentliche Gewässer. Selbstreinigung der Gewässer 373
7. Kapitel: Die einzelnen Verfahren der Abwasserbeseitigung. 379—419
A. Mechanische Klärung . . . . . 379—395
1. Gitter, Rechen, Siebe 379
2. Sandfänge 382
Absitzbecken 384
Klärbrunnen 387
Fettfänge 389

Seite
Faulverfahren 390
Emscherverfahren 393
Elektrische Klärung 394
B. Chemische Klärung . . . . . 395—396
C. Die biologischen Verfahren . . . . . 396—419
a) Natürliche biologische Verfahren 397
1. Rieselverfahren (Rieselfelder) 397
2. Intermittierende Bodenfiltration 401
3. Eduardsfelder Verfahren 403
4. Untergrundberieselung 404
5. Fischteiche 404
b) Künstliche biologische Verfahren 405
1. Stau- oder Füllverfahren 406
2. Tropfverfahren 410
3. Das Degenersche Kohlebreiverfahren 418
8. Kapitel: Die Schlammbeseitigung, Desinfektion der Abwässer, Beurteilung des Reinheitsgrades, Kosten und Wahl der verschiedenen Verfahren 420–423
a) Schlammbeseitigung 420
b) Desinfektion 420
c) Beurteilung des Reinheitsgrades 421
d) Kosten 422
e) Wahl des Verfahrens 423
9. Kapitel: Die Beseitigung der Abfallstoffe in militärischen Lagern und im Felde . . . . . 424—430
10. Kapitel: Die Leichenbestattung . . . . . 430—439
Allgemeines. Bestimmungen 430
Behandlung der Leichen vor der Bestattung 431
Beerdigung 432
a) Zersetzung der Leichen in der Erde und ihre Folgen in hygienisch-sanitärer Beziehung 433
b) Anlage der Begräbnisplätze 436
Feuerbestattung 437
Verbrennung der Leichen im Felde 438
11. Kapitel: Die Vernichtung der Kadaver . . . . . 439—441

Abkürzungen der angezogenen Dienstvorschriften.

D.St.O. = Disziplinar-Strafordnung für das Heer.
F.O = Felddienstordnung.
F.S O. = Friedens-Sanitäts-Ordnung.
G.G. = Garnison-Gebäudeordnung.
G.V. = Garnison-Dienstvorschrift.
G.V.O. = Garnison-Verwaltungsordnung.
K.S.O. = Kriegs-Sanitäts-Ordnung.
M.B. = Militär-Bauordnung.
Kt.O. = Krankenträgerordnung.

BOSTON MEDICAL
FEB 20 1911
LIBRARY

I. Abschnitt.

Allgemeine Bauhygiene.[1]

1. Kapitel.

Auswahl des Baugrunds.

A. Allgemeines.

Für den Aufbau eines jeden Gebäudes ist der Baugrund, seine Beschaffenheit und Güte, von großer Wichtigkeit.

Im allgemeinen hat man unter dem Baugrund die natürliche Bodenschicht zu verstehen, auf welcher sich das Fundament eines Bauwerks erhebt; seine Festigkeit, d. h. seine Widerstandsfähigkeit gegen den von dem Gebäude ausgeübten Druck, ist für die Bausicherheit naturgemäß von großem Einfluß.

Die Tragfähigkeit ist je nach der Beschaffenheit des Bodens sehr verschieden.

Als guten Baugrund kann man groben und festgelagerten Kies, Boden mit geringem Tongehalt, zerklüfteten Felsen, unter Umständen auch wasserfreien festen Sand ansehen, während man feinen, feuchten Sand, nassen Lehm und Ton, aufgefüllten Boden, besonders aber Torf- und Moorboden und dergleichen als ungeeignet für die Aufführung eines Bauwerks bezeichnen muß.

Neben der Art des Baugrundes ist die Mächtigkeit der betreffenden Bodenschichten, also der geologische Aufbau des Bodens zu beachten.

Für militärische Bauten innerhalb einer Garnison sind wohl in jedem Falle die Bodenschichten von anderen Bauten her bekannt; anders aber, wenn es sich um die Anlage eines neuen Truppenübungsplatzes in einer bis dahin nicht oder nur wenig bebauten Gegend oder um die Anlage einer neuen Garnison handelt.

1) Zusammenfassende Literatur am Schluß des Abschnitts S. 69.

Hier muß man sich durch Bohrungen über die Art und Mächtigkeit der Bodenschichten Gewißheit verschaffen. Vom bauhygienischen Standpunkt sind hierzu gewisse geologische Kenntnisse nötig, die eigentlich für jeden, der Interesse hat, zu wissen, auf welcher Bodenformation sich sein tägliches Leben abspielt, erforderlich sind.

Für den Sanitätsoffizier, der häufig Wasserversorgungsanlagen und das Wasser selbst in qualitativem Sinne zu beurteilen hat, und für den Pionieroffizier, der das Einbringen von Abessinierbrunnen zu veranlassen und die Möglichkeit hierzu zu erwägen und zu begutachten hat, sind geologische Kenntnisse auch in dieser Hinsicht nicht ohne Bedeutung. Dies rechtfertigt, etwas ausführlicher auf die Entstehung und Bildung des Bodens einzugehen.

B. Der geologische Aufbau des Bodens.

Die Formationen.

So tief auch der menschliche Blick durch die gewaltigen Aufbrüche der Erde, die tiefsten Bergwerke und Bohrungen in die Erdkruste eingedrungen, so ist es doch unmöglich, die ursprüngliche Erstarrungskruste, also die älteste Formation, festzustellen [Fraas (5)]. Bei einer hygienischen Beurteilung kommt dies auch nicht in Frage, da selbst von den bekannten Erdschichten nur die neueren in Betracht kommen.

Kurze Uebersicht der geologischen Formationen[1]).

Neozoische Formationsgruppe (Neuzeit).
- Quartärformationen.
  - Alluvium (Jetztzeit),
  - Diluvium (Eiszeit).
- Tertiärformationen (Braunkohlenzeit).
  - Pliozän,
  - Miozän,
  - Oligozän,
  - Eozän.

Mesozoische Formationsgruppe (Sekundärformationen).
- Kreideformation.
- Juraformation.
- Triasformation (Salzperiode).

1) Nach K. Keilhack (4).

Paläozoische Formationsgruppe (Primärformationen).
Perm.
Zechstein (Salzperiode),
Rotliegendes.
Steinkohlenformation (Steinkohlenzeit).
Devon.
Silur.
Cambrium.
Algonkium.
Archäische Formationsgruppe (Urzeit).

Die Tertiärformationen.

Zwischen der Jetztzeit und dem mesozoischen Zeitalter stellt das „Tertiär" in Bezug auf die Gestaltung der Erdoberfläche gewissermaßen einen Uebergang dar; in jener Zeit entstanden durch mächtige Emporpressungen die heutigen großen Gebirge (Alpen, Karpathen), wie vulkanische Eruptionen der Erde überhaupt im Vordergrund standen. Sie bilden noch heute an vielen Stellen die Oberfläche der Erde und bestehen, wie die meisten Eruptionsmassen, hauptsächlich aus Basalt- und Phonolithgestein (Eifel, Siebengebirge, Vogelgebirge, Rhön, Lausitz, Schwäbische Alp u. a.). Neben Ablagerungen von Kalk- und Sandsteinen, die sich durch Regulierung der Flüsse (z. B. das Mainzer Becken in den Niederungen des Rheins), ferner von Quarz und Glimmer u. a., die sich durch Gebirgserhebung erklären, spielen in der damaligen Zeit Braunkohlenablagerungen die Hauptrolle, die wie auch die tieferen Kohlenarten (Stein- und Anthrazitkohlen) aus der damals mächtigen Pflanzenvegetation entstanden sind. Man weiß, daß die Braunkohlenlager an einigen Stellen (Ruhrgebiet) in Deutschland nicht sehr tief liegen, was bei Benutzung von Grundwasser (Huminsubstanzen, Mangan!) zu berücksichtigen ist; andererseits können durch den Abbau des Kohlenlagers besondere Gefahren für die oberirdisch angelegten Gebäude entstehen (z. B. in Essen a. d. Ruhr).

Die tertiären Gesteine finden bei der Aufführung von Massivbauten häufig Verwendung.

Das Diluvium oder die Eiszeit.

Auf die warmen Perioden des Tertiär mit ausgedehnter Flora folgte ein gewaltiger Temperaturrückschlag, die Eiszeit. Ungeheuere Gletscher wälzten sich von Norden (Skandinavien) über Deutschland, hauptsächlich Norddeutschland bis zum Erzgebirge und Harz. In Oberschwaben bis zur Donau lag der Rheintalgletscher, in Oberbayern der Lech-, Isar- und Inngletscher, in Mitteldeutschland hatte sich das „Inlandeis" gebildet, überall eine ausgedehnte „Vergletscherung". Diese Gletschereismassen befanden sich in Bewegung, lösten von ihrem Untergrund Bruchstücke des Tertiärgesteines, das im Laufe der Zeit verwittert war, ab und führten es in das Flachland. An dem festeren Gestein erkennt man noch heute parallele, an einigen Stellen in der Bewegungsrichtung des Eises verlaufende Schrammen und Kritzen (Geschiebe). Aus der Mannigfaltigkeit im geologischen Aufbau der vom Eise überschrittenen Gebiete erklärt sich die Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung der diluvialen Gesteine und Mineralien. Durch die später folgenden, sich einige Male wiederholenden Abschmelzungsperioden blieben die im Eise befindlichen Schuttmassen am Orte des Abschmelzens liegen (Moräne). Diese Ablagerungen (Geschiebemergel) setzten sich aus Gebilden der verschiedensten Korngröße, aus großen und kleinen Blöcken, Kies, Sand und Ton zusammen, die ohne jede Sonderung der einzelnen Bestandteile zu einem gleichmäßigen, fast schichtungslosen, festen Gestein „verknetet" sind.

Außerdem kam es auch naturgemäß an einigen Stellen zu Ablagerungen tertiärer Braunkohle und Torf. Die mineralischen Ablagerungen bestehen in der Hauptsache aus kohlensaurem Kalk ($CaCO_3$), Quarz (Kieselsäure SiO_2), Feldspat

(= tonerdehaltige Silikate) und Ton (= Rückstände verwitterter Feldspate); erwähnenswert sind noch die an manchen Stellen sehr umfangreichen Ablagerungen von Lehm (= Ton mit mindestens 10 pCt. Sand) und Löss (= kalkreicher, feinsandiger Lehm).

Die Gestaltung der heutigen Erdoberfläche verdankt dem Diluvium in der Hauptsache ihre Entstehung, und die Fruchtbarkeit des Bodens ist vielfach auf die genannten diluvialen Mineralien zurückzuführen.

In den diluvialen Ablagerungen (Kies, Sand und Lehm) sieht man für die Ausführung von Bauten wichtige Materialien, von Steinen könnten aber höchstens die größeren Blöcke in Betracht kommen, wobei aber häufig ihre verschiedenartige Zusammensetzung störend ist. Dagegen ist die Diluvialschicht für die Wasserversorgung von Bedeutung, da sie in ihren Kies- und Sandschichten viel Wasser führt (Grundwasser); die Mächtigkeit der Wassermenge und besonders die Tiefe wird durch Einlagerung ausgedehnterer Lehmschichten, die für Wasser mehr oder weniger undurchlässig sind, beeinflußt.

Das Alluvium oder die Jetztzeit.

In den meisten Fällen stellt die jetzige Erdoberfläche „moderne" Gebilde dar, die man Alluvium (= Anschwemmung) nennt; naturgemäß nimmt sie besonders für bauhygienische Betrachtungen besonderes Interesse in Anspruch. Man versteht darunter solche Ablagerungen, die von den heute noch tätigen Kräften gewissermaßen unter unseren Augen erzeugt werden, Kräfte, zu denen der Wind, das stehende und fließende Wasser (Ueberschwemmungen), die Tätigkeit von Pflanzen und Tieren, der Vulkanismus der Gegenwart und die Einwirkung chemisch verschiedener Substanzen auf einander u. a. zu zählen sind [Keilhack (4)]. Man erkennt, daß manche dieser Kräfte mit der Bezeichnung „Alluvium = Anschwemmung" nichts zu tun haben, weshalb man diese Periode zutreffender auch „jüngeres Quartär" nennt, umsomehr zwischen ihr und der vorhergehenden, dem Diluvium, meist keine scharfe Grenze zu ziehen ist.

Die Ablagerungen des Alluviums sind nach der Art ihrer Entstehung recht verschiedenartiger Natur, so Flußschlamm, -Kies und -Schotter, Sand, Kieselsinter als Quellenabsätze, Torf, Moor, Lava, Humus u. a.

Diese oberflächliche Erdschicht macht nun ständig mehr oder weniger einen Umsetzungsprozeß durch, für den die verschiedenartigsten physikalischen, chemischen, mechanischen und biologischen Ursachen in Betracht kommen.

Einen besonderen Einfluß übt das Wasser in seinen verschiedenen Temperaturgraden aus, das teilweise durch seinen Sauerstoffgehalt oxydierend den Zerfall der Gesteine herbeiführt, teilweise durch seinen Gehalt an Kohlensäure eine stark lösende und zersetzende Wirkung (Verwitterung) äußert. Ferner ist noch das Wachstum der Pflanzen und die zahllosen den Boden bevölkernden Tiere (Regenwürmer, Insekten) zu nennen, die immer wieder neues Material aus der Tiefe an die Oberfläche bringen, das dort wiederum dem Einfluß von Wasser und Wind ausgesetzt ist.

Schließlich vollzieht auch der Mensch an vielen Stellen durch seine Tätigkeit (Bauten, Schuttablagerungen, Pflügen u. v. a.) Veränderungen des Bodens, andererseits trägt er aber auch durch seine Lebenshaltung nicht unwesentlich dazu bei, daß der Boden durch mancherlei Abfallstoffe verunreinigt werden kann, die, vielfach organischer Natur, im Boden in Fäulnis und Verwesung übergehen und zu der Bildung der sogenannten Humuserde (Ackerkrume, Muttererde) Anlaß geben.

Durch die verschiedenartigen Verunreinigungen gewinnt aber gerade der oberflächliche Erdboden hygienisches Interesse, da sich dieser Kulturboden in gesundheitlicher Beziehung wesentlich von dem bereits vor Jahrhunderten oder Jahrtausenden durch natürliche Einflüsse entstandenen „jungfräulichen" Boden unterscheidet.

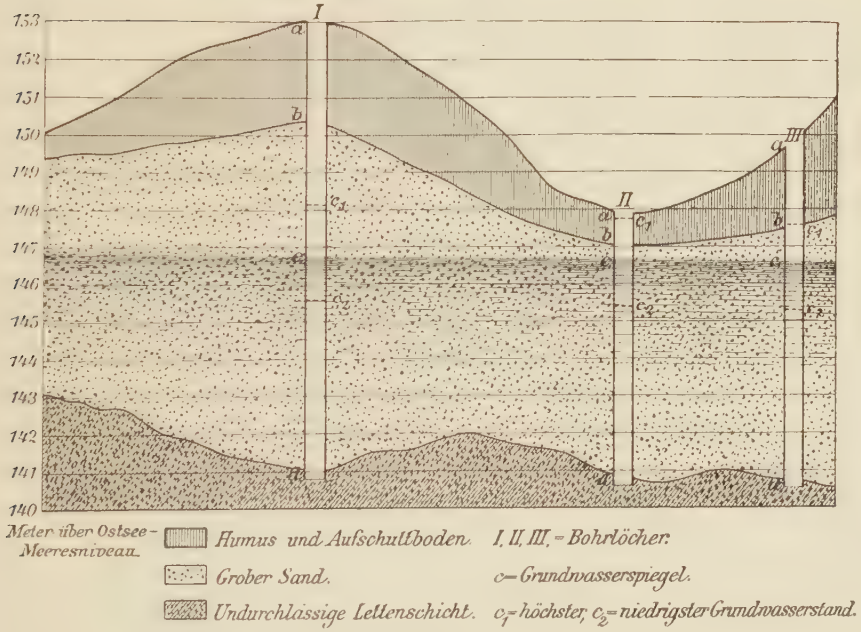
Für die Bauhygiene sind mehr die oberflächlichen Erdschichten von Bedeutung, für die Beurteilung der Grundwasserverhältnisse müssen dagegen auch die tieferen Schichten berücksichtigt werden.

C. Die Schichtung des Bodens.

Nach diesen geologischen Betrachtungen ist die Schichtung des Bodens überall verschieden, sowohl nach der Art der Zusammensetzung der einzelnen Schichten als auch nach ihrer Mächtigkeit. So hat Berlin durchschnittlich einen ziemlich gleichmäßigen mittelfeinen Sand, Leipzig vorwiegend Lehmboden und München groben Kies als Untergrund. Wenn es sich nicht um einen felsigen-steinigen Untergrund handelt, so stößt man in Deutschland besonders in der norddeutschen Tiefebene meist auf folgende Schichten:

1. Humus.
2. Feinsand.
3. Mittelkörniger Sand.
4. Grober Sand.
5. Kiesiger Sand.
6. Ton.

Abbildung 1.



Bodenprofil.

Die Aufzeichnung der aufeinander folgenden Bodenschichten, wie sie sich durch Bohrungen (s. S. 6 u. 12) ergibt, nennt man Profil (Abb. 1).

1. Unter „Humus“ versteht man die meist dunkle Bodenschicht, die aus fortwährend in Verwesung begriffener, organischer, hauptsächlich pflanzlicher Substanz besteht und den zahlreichen oxydierbaren Kohlenstoffverbindungen (ca. 58 pCt.) ihre dunkle Farbe verdankt.

2. Der Feinsand besteht aus solchen Körnern, die mit bloßem Auge sich kaum mehr von einander unterscheiden lassen; er besitzt einen geringen Grad von Durchlässigkeit. Ist der Feinsand in größerer Mächtigkeit vorhanden, so ist der Baugrund wegen der großen Wasserkapazität (S. 8) nicht besonders geeignet; meist tritt er aber gegen die folgenden Bodenschichten wesentlich zurück.

3. Der mittelkörnige Sand besitzt einen hohen Grad von Durchlässigkeit sowohl für Luft als auch für Wasser.

4. Bei dem groben Sand ist die Durchlässigkeit nicht größer, als die des mittelkörnigen Sandes; seine wasserhaltende Kraft und Kapillarität dagegen erheblich geringer.

5. Im kiesigen Sand finden sich meist Körner, deren Durchmesser größer als 2 mm ist; seine Durchlässigkeit ist sehr bedeutend; die Kapillarität (S. 9) und seine wasserhaltende Kraft (S. 8) aber gering.

6. Der Ton stellt die Rückstände der Verwitterung tonerde- (aluminium-) haltiger Silikatgesteine dar. Je nach der Beimengung von Sand unterscheidet man magere Tone mit größerem und fette Tone mit geringerem Sandgehalt, fast reinen Ton nennt man Kaolin. (Lehm = Ton mit ca. 10 pCt. Sand.) Die Tonschichten bestehen zum größten Teil aus abschlämmbaren feinsten Teilchen unter 0,1 mm und Feinsand. Diese Schichten sind für Wasser meist ganz undurchlässig. Von ihrer Tiefe hängt der Tiefstand des Grundwassers ab.

Tonige Beimengungen in den oberen Kies- und Sandschichten sind wegen der erhöhten Kapillarität besonders bei etwas oberflächlich liegendem Grundwasser von Bedeutung.

Im allgemeinen gilt als ein gesunder Boden entweder Felsgrund, der aber der Bautechnik gewisse Schwierigkeiten entgegensetzt, oder ein für Luft und Wasser gut durchgängiger Boden mit tiefstehendem Grundwasser.

Sowohl für die Beurteilung eines Baugrundes als des Grundwassers ist eine Kenntnis der Lagerungsverhältnisse des Bodens von Wichtigkeit.

Man kann sich hierüber, d. h. über das „Profil des Bodens“, an geeigneten Gruben in der Nähe unterrichten oder man muß den Boden durch Bohrungen mit dem Erdbohrer, welche Bodenproben liefern,

oder gegebenenfalls durch Einbringen von Schächten untersuchen. Dies muß nötigenfalls an verschiedenen Stellen ausgeführt werden besonders in Gegenden, wo man mit Verwerfungen rechnen muß.

Diese Bodenuntersuchungen sind bei Aufstellen eines neuen Bauprojekts, wobei es sich meist nur um geringe Tiefen handelt, in einer noch wenig bebauten Gegend immer notwendig, um festzustellen, ob ein genügend tragfähiger Untergrund für das Gebäude vorhanden ist, wie tief man mit den Fundamenten hinabgehen kann, und in welcher Tiefe wasserführende Schichten auftreten.

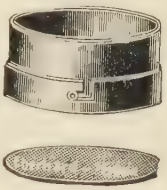
D. Untersuchung der Bodenproben.

Wegen der Durchlässigkeit des Bodens für Luft und Wasser (Verunreinigungen) ist neben der Art der Bodenschichten, ob Sand, Kies oder Ton, die Bestimmung der Korngröße, der Porengröße und des Porenvolumens der einzelnen Bodenelemente von Bedeutung; von ihnen ist schließlich auch die Wasserkapazität und das kapillare Aufsaugungsvermögen des Bodens abhängig.

a) Korngröße.

Zur Bestimmung der Korngröße eines Bodens bezw. des Mengenverhältnisses der verschiedenen Korngrößen wird die Bodenprobe getrocknet, zerrieben, gewogen und dann auf Rundlochsiebe mit verschiedener Sieblochweite gebracht. (Abb. 2.) Die auf dem feinsten Sieb (ca. 0,25 mm Lochdurchmesser) zurückbleibenden Massen werden auf besondere Weise durch „Schlämmanalysen“ abgeschieden [Wahnschaffe (3)]. Die verschiedenen Korngrößen sind aus folgender Tabelle zu ersehen:

Abbildung 2.



Bodensieb.

Bezeichnung		Korngröße[1] in mm
Steine		über 10
Grobkies	Kies	10—5
Mittelkies	Kies	5—2
Feinkies	Kies	2—1
Grobsand	Sand	1—0,5
Mittelsand	Sand	0,5—0,25
Feinsand	Sand	0,25—0,1
Grober Schlamm	durch Abschlämmen bestimmbar	0,1—0,05
Mittelfeiner Schlamm	durch Abschlämmen bestimmbar	0,05—0,025
usw.		

1) Die Angaben sind in den verschiedenen Lehrbüchern nicht ganz gleichmäßig.

b) Porengröße und Porenvolumen.

Da die bei der Verwitterung des Bodens entstandenen Sand- und Kieskörner sich nicht allseitig berühren, entstehen Hohlräume, Poren, deren Größe von der verschiedenen Korngröße abhängt, und deren Rauminhalt man das Porenvolumen nennt; dieses wird durch das Prozentverhältnis der Poren in bezug auf das ganze Bodenvolumen einer Bodenprobe ausgedrückt und ist je nach der lockeren oder dichteren Lagerung und, je nachdem der Boden durchweg aus gleich großen oder verschieden großen Teilchen besteht, sehr verschieden.

Je größer die Poren und entsprechend auch das Porenvolumen, um so durchgängiger ist der Boden für Luft, Wasser, Verunreinigungen usw. (Permeabilität) und zwar spielt die Porengröße wegen des geringeren Widerstandes an den Wandungen hierbei die Hauptrolle. Am kleinsten ist das Porenvolumen bei felsigem Untergrund, der aber für Bauzwecke selten in Betracht kommt. Sind die einzelnen Elemente gleich groß, so beträgt das Porenvolumen nach Rubner 36—43 pCt., nach Flügge ca. 38 pCt. sowohl für Kies, Sand oder Lehm, da die kleineren Körner auch kleinere, aber desto zahlreichere Zwischenräume haben.

Bei gemischten Korngrößen füllen die kleineren Elemente meist die größeren Poren aus, so daß sich die Porengröße verkleinert, das Porenvolumen abnimmt (bis auf 5—10 pCt.), und damit auch die Durchgängigkeit geringer wird.

Die Bestimmung des Porenvolumens geschieht nach vorhergehendem Trocknen des Bodens durch Aufsteigenlassen von Wasser oder besser nach Renk durch Einschütten von vorher dem Volumen nach gemessenen Boden in ein Meßgefäß mit Wasser.

c) Wasserkapazität.

Je kleiner bei gleichem Bodenvolumen die Korngröße, um so größer die Begrenzungsflächen sämtlicher Poren. Diese Wandungen üben eine ausgesprochene Attraktion auf durchfließendes Wasser in dem Sinne aus, daß sich jedes Körnchen an seiner Oberfläche mit einer Wasserhülle umgibt (Kapillaren). Läßt man also ein bestimmtes Bodenvolumen sich völlig mit Wasser durchtränken und dieses nachher ablaufen, so fließt nicht alles Wasser ab, vielmehr bleibt eine gewisse Wassermenge in dem Boden zurück, was auf die beiden oben genannten Faktoren zurückzuführen ist. Je kleiner das Korn, desto mehr Wasser wird unter sonst gleichen Verhältnissen zurückgehalten.

Nach Rubner bleiben von 100 Teilen Wasser zurück

bei Feinsand 65 Teile
„ Mittelsand 47 „
„ Grobsand 23 „
„ Mittelkies 7 „

Nach Flügge hält 1 cbm Feinsand in etwa 84 pCt. seiner Poren Wasser zurück. Wären alle Poren, also das ganze Porenvolumen = 38 pCt. Bodenvolumen angefüllt, so blieben in 1 cbm Boden 380 Liter zurück; da Wasser aber nur in etwa 84 pCt. aller Poren beim Feinsand zurückbleibt, so wären es dementsprechend 320 Liter, bei 1 cbm Kiesboden mit 12—13 pCt. aller Poren entsprechend 50 Liter.

Nach dieser zurückbleibenden Wassermenge kann man „die wasserhaltende Kraft“ „die kleinste Wasserkapazität“ des Bodens beurteilen.

Dieses Aufspeicherungsvermögen des Bodens für Wasser ist für Betrachtungen der Trockenheit eines Untergrundes von großer Wichtigkeit. Feinsand ist hiernach kein besonders — zumal bei größerer Mächtigkeit — empfehlenswerter Baugrund da, er nach atmosphärischen Niederschlägen den Boden länger als andere Bodenarten feucht hält.

d) Das kapillare Aufsaugungsvermögen. (Kapillare Attraktion.)

Bei den kleinsten Korngrößen — unter 2 mm — können die entstehenden Poren als kapillare Röhrchen aufgefaßt werden, in denen das Wasser entgegen seiner Schwere gehoben wird. Die Höhe und die Geschwindigkeit, mit denen das Wasser hochsteigt, ist in den verschiedenen Bodenarten sehr verschieden.

Im allgemeinen steigt das Wasser um so höher, aber um so langsamer, je feiner die Bodenteilchen sind und, je größer der Gehalt des Bodens an kolloidalen Tonteilchen (Durchmesser 0,005 mm) ist.

So beträgt die kapillare Steighöhe des Wassers in einem Tonboden oft bis zu 2 m, in einem Sandboden von mittlerer Feinheit meist nicht mehr als 0,40 m; in letzterem Falle ist der höchste Stand des Kapillarwassers aber sehr schnell erreicht, während es in ersterem — selbst bei geringeren Steighöhen — eines sehr langen Zeitraums bedarf.

Man prüft die Kapillarität eines Bodens, indem man damit beschickte Glasröhrchen mit ihrem unteren Ende in Wasser eintaucht und sowohl die Höhe, bis zu welcher das Wasser steigt, als auch die Geschwindigkeit des Aufsteigens beobachtet.

e) Mineralogisches.

Da man bei Bodenuntersuchungen nicht selten auch auf steinige Gebilde stößt, so sind für die Erkennung und Beurteilung der Steine weitere Kenntnisse in der Mineralogie notwendig. Da aber die eigentliche Sicherstellung der Gesteinsart kein besonderes hygienisches Interesse hat, dürfte eine kurze Zusammenstellung der wichtigsten Gesteine genügen, um dem Hygieniker bei gelegentlicher Namensnennung von Gesteinsarten die chemische Zusammensetzung der wichtigsten an die Hand zu geben.

A. Mineralogische Grundstoffe.

1. Silikate. Darunter versteht man die Kieselsäure (SiO_2) mit ihren Verbindungen.
   a) Quarz. Der kristallisierte Quarz ist chemisch reine Kieselsäure: die wasserhellen Kristalle werden Bergkristalle genannt, die körnigen Massen Kiesel, dicht kommt er als Feuerstein vor. Die Absätze aus süßem Wasser heißen Süßwasserquarz. Der Quarz ist ausgezeichnet durch seine Unlöslichkeit und seine große Härte.
   b) Feldspat, seine chemischen Zusammensetzungen: Kieselsäure verbunden mit Kali, Natron, Kalk einerseits und Tonerde andererseits. Nach den Monoxyden unterscheidet man die Feldspate als Kali-, Natron-, Kalk-Feldspate. Er kommt in Kristallen, in Bruchstücken von Kristallen vor, die zwei aufeinander senkrechte Spaltungsflächen zeigen. Er wird von Quarz geritzt.
   c) Glimmer. Chemisch enthält er dieselben Stoffe wie der Feldspat, nur in anderen Verhältnissen; man unterscheidet Kali- und Magnesia-Glimmer. Er ist ausgezeichnet durch seine Blättrigkeit.
   d) Chlorit, ausgezeichnet durch den Wassergehalt, äußerlich ähnlich dem Magnesia-Glimmer.
   e) Hornblende, Kieselsäure, verbunden mit Monoxyden (Kalk und Magnesia), nicht mit Sesquioxyden.
   f) Augit, schließt sich in der Kristallform an Hornblende an und hat chemisch etwas weniger Kieselsäure, als diese. Bruch muschlig.
   g) Hypersten, steht dem Augit nahe, enthält aber nur Magnesia und Eisen, keinen Kalk.
2. Karbonate, Verbindungen der Kohlensäure.
   a) Kalkspat, kohlensaurer Kalk. Die körnigen Massen heißen Marmor, die unreineren Kalkstein, Aggregate von abgerundeten Körnchen werden Oolith genannt.
   b) Kreide, amorph, aus verkalkten Panzern von Infusionstierchen bestehend.
   c) Dolomit, kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia, meist körnig.
3. Sulfate, Verbindungen der Schwefelsäure.
   a) Anhydrit, schwefelsaurer Kalk.
   b) Gips, schwefelsaurer Kalk mit Wasser. Die blätterigen Massen heißen Fraueneis, die dichten Alabaster. Es läßt sich mit dem Nagel ritzen.

B. Gesteinsarten.

1. Kristallinisch körnige Gesteine, Gemenge von Silikaten, die keine Schichtung zeigen.
   a) Granit. Kali-Feldspat, Quarz und Glimmer.
   b) Syenit. Kali-Feldspat und Hornblende, durch Uebergänge mit Granit verbunden.
   c) Diorit. Natron- resp. Kalk-Feldspate mit Hornblende. Die direkten Abänderungen heißen Grünsteine, solche mit größeren Feldspat-Kristallen Diorit-Porphyr. Hierher gehört auch der Trapp zum Teile.

d) Melaphyr. Natron- resp. Kalk-Feldspat mit Augit, dicht.
e) Basalt. Dichte Gesteine, die aus Kalk-Feldspat, Augit und Magneteisenerz bestehen (letzteres verleiht ihnen eine dunkle Farbe und hohes Gewicht). In demselben tritt häufig der grüne Olivin auf. Er ist jünger als die vorhergehenden Gesteine.

2. Kristallinisch geschichtete Gesteine.
a) Gneiß. Dieselben Gemengteile wie Granit enthaltend aber in Lagen angeordnet.
b) Glimmerschiefer. Quarz und Glimmer.

3. Sedimente, d. h. Absätze aus dem Wasser.
a) Ton. Chemisch Kieselsäure und Tonerde; Ton mit Sand gemengt heißt Lehm.
b) Mergel. Gemenge von Ton und kohlensaurem Kalk.
c) Tonschiefer. Ton durch Uebergänge mit Glimmerschiefer verbunden.
d) Trümmer-Gesteine. Abgerundete Bruchstücke heißen Gerölle, und wenn sie durch ein Bindemittel (Quarz, Kalk oder Ton) verbunden sind, Konglomerate. Kleinere Bruchstücke von der Größe einer Erbse werden Kies genannt, noch kleinere Sand, die Bruchstücke sind dann meist Quarz. Sind die Sandkörnchen durch ein Bindemittel verbunden, so entsteht Sandstein. Wenn derselbe durch Glaukonitkörnchen grün gefärbt ist, so heißt er Grünsandstein.
e) Grauwacke nennt man grobe Sandsteine von dunkler Farbe. Eckige, durch irgend ein Bindemittel verbundene Bruchstücke heißen Breccien, verkittete Knochen Knochen-Breccien. Unter vulkanischem Tuff versteht man durch irgend ein Bindemittel verkittete vulkanische Auswürflinge.

E. Bodentemperatur und Bodenluft.

Bei der Anlage unterirdischer Militärbauten (bombensichere Festungsgänge, Kasematten u. dergl.) kann auch die Wärme und die Zusammensetzung der Luft des Bodens Berücksichtigung fordern, welche bei der Fundamentierung oberirdischer Gebäude kaum in Betracht kommen kann, wenn ein gesunder, nicht verunreinigter Baugrund ausgewählt wurde.

Die Bodentemperatur an der Erdoberfläche hängt in ihren Schwankungen von der wechselnden Intensität der Sonnenwärme, dann aber auch von dem Neigungswinkel des Erdreichs und der Bodenart ab.

Am meisten erwärmt sich ein dunkler, etwas grobkörniger, trockner Boden, während ein heller, feinkörniger und wegen seiner höheren Wasserkapazität feuchter Boden wegen der Wasserverdunstung kühler sein wird.

Nach Rubner erwärmt sich ein schwarzer Boden um 7—8° mehr als ein weißer. Aber auch die helleren Sandböden und Gesteine können gegebenenfalls sehr hohe Temperaturen annehmen; so ist während der südwestafrikanischen Expedition beobachtet worden, daß die durch längere Bestrahlung erzeugte Erhitzung von Gesteinen die doppelte Luftwärme erreicht und bis zu 70 und 80° C. betragen hat[1]).

1) Sanitätsbericht für die kaiserliche Schutztruppe für Südwestafrika für die Zeit vom 1. 1. 04 bis 31. 3. 07. S. 49.

Am Oranje erhitzte die starke Sonnenstrahlung den Boden in so außerordentlichem Grade, daß das Gehen darauf auch mit bekleidetem Fuße äußerst unangenehm war.

Die Temperaturschwankungen in den obersten Bodenschichten sind immer größer als die der Luft; jedoch nimmt der Wechsel in der Bodenwärme mit größerer Tiefe ab, sodaß in einer Tiefe von 0,5 bis 1,0 m die Tagesschwankungen fast nichtmehr zum Ausdruck kommen. Der Boden als schlechter Wärmeleiter hindert in den kurzen Intervallen Wärmeein- und Austritt.

In größeren Tiefen verlieren sich auch die monatlichen Schwankungen und in Tiefen von 8—30 m auch die Jahresschwankungen, sodaß dort die Wärmegrade der mittleren Jahrestemperatur des betreffenden Ortes entsprechen (v. Esmarch). In noch größerer Tiefe steigt die Temperatur meist für je 35 m (genau 31,8 m) um 1° C.

In 500 m Tiefe beträgt die Bodenwärme etwa 26° R.
„ 1000 „ „ „ „ „ „ 40° „
„ 1500 „ „ „ „ „ „ 68° „
„ 2220 „ „ „ „ „ „ 84° „

Die Temperaturschwankungen in den verschiedenen Monaten und Tiefen von 2—6 m veranschaulicht folgende Tabelle (nach Rubner):

Monat	Bodentemperatur in einer Tiefe von 2 m	4 m	6 m	Aeußere Lufttemperatur
Januar	6,88	9,91	11,36	— 3,12
Februar	5,30	8,58	10,48	— 0,34
März	5,29	7,61	9,81	4,35
April	10,19	7,86	9,36	7,08
Mai	10,07	9,07	9,42	10,08
Juni	13,28	10,45	9,83	16,53
Juli	16,18	12,35	10,50	19,47
August	18,09	14,23	11,54	18,45
September	17,41	15,13	12,30	13,12
Oktober	14,84	14,64	12,75	10,68
November	11,12	13,20	12,64	5,07
Dezember	8,01	11,28	12,01	1,41

Die Bodentemperaturen werden bei Tiefbohrungen durch besondere Bodenthermometer gemessen, die in einem gut isolierten Erdbohrer sich befinden und an bestimmter Stelle von einer Kupferplatte als guten Wärmeleiter umgeben sind.

Sollten militärische Unterkünfte in solchen Bodentiefen angelegt werden müssen, wo sich eine höhere Bodentemperatur zumal bei längerem Aufenthalt und der Sättigung der Bodenluft mit Wasserdampf

unangenehm bemerkbar machen kann, so müßte durch geeignete Ventilationsanlagen [Luftkanäle mit oberirdischer Aspirationsheizung in dem Abluftrohr) für zweckmäßige Frischluftzuführung gesorgt werden (siehe Abschnitt „Ventilation“[1])]. Diese Vorkehrungen sind auch mit Rücksicht auf die Zusammensetzung der Bodenluft notwendig.

Die Bodenluft unterscheidet sich von der atmosphärischen hauptsächlich durch den größeren Reichtum an Kohlensäure (0,2—14 pCt., im Durchschnitt 2—3 pCt. gegen ca. 0,04 pCt. in der Außenluft) und den geringeren Gehalt an Sauerstoff (7,4 pCt. schon in geringer Tiefe), ferner durch außerordentlich hohen Feuchtigkeitsgehalt, der das Sättigungsmaximum meist erreicht. Der hohe Kohlensäuregehalt ist wohl hauptsächlich auf die Verwesung organischen Materials zurückzuführen, wozu der Sauerstoff verbraucht wurde. So fand Pettenkofer in dem reinen Sandboden der Sahara ungefähr den gleichen CO_2-Gehalt wie in der Außenluft. Neben dem sehr hohen CO_2-Gehalt ist besonders der Sauerstoffmangel die Ursache, weshalb Menschen längere Zeit ohne besondere Frischluftzuführung in einer derartigen Bodenluft nicht leben können.

Außerdem findet sich in der Bodenluft noch Stickstoff, Ammoniak und seltener Schwefelwasserstoff.

Die Gefahren für solche, die innerhalb von Schächten, Gruben u. dergl. sich aufhalten müssen, sind zweifellos beachtenswert, dagegen dürften die Befürchtungen, daß die CO_2-reiche Bodenluft besonders durch den Heizeffekt angesogen oder durch andere Druckschwankungen (Grundwasser, Wind) in die Häuser gedrückt werden könnte, wohl zu weit gehen, besonders wo heutzutage jeder Bau gegen den Untergrund meist gründlich durch Asphalt isoliert ist.

Zweifellos hat die Luft der Kellerwohnungen etwas Eigenartiges, aber diese muffige Luft dürfte sich mehr auf die schlechte Ventilation, vielleicht auch Feuchtigkeit und auf das meist enge Zusammenwohnen der Kellerbewohner selbst, auf Mangel an Reinlichkeit und Licht zurückführen lassen als auf das Eindringen von Bodenluft. In militärischen Gebäuden, die vorschriftsgemäß nach der Garnisongebäudeordnung stets auf einem „reinen“ Untergrund aufgebaut werden sollen, werden die Kellerräumlichkeiten meist zu den verschiedensten Zwecken, selten aber zur dauernden Unterkunft von Personen, häufiger besonders in älteren Kasernen aber für Kantinen, Küchen, Vorratsräume, Heizungsanlagen u. a. benutzt, ohne daß, die nötige Ventilationsmöglichkeit durch ein großes Fenster, entsprechender Lichtschacht, ferner genügende

1) IV. Abschnitt in diesem Bande.

Isolierung gegen Grund- und Wandfeuchtigkeit vorausgesetzt, gesundheitliche Bedenken bisher dagegen aufgetreten wären.

Auch bei den Unterkünften in Kasematten, Festungen usw. ist es wohl weniger die Bodenluft selbst als die geringe Ventilationsmöglichkeit, wodurch der hohe Feuchtigkeitsgehalt der Luft kaum genügend verringert werden kann, und die nicht ausreichende Beleuchtung durch Tageslicht, geschweige denn Sonnenlicht, was manchmal zu Klagen Anlaß gibt.

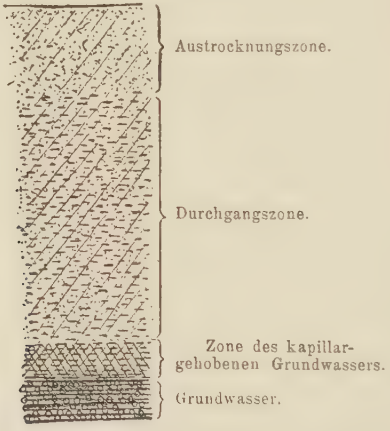
Zur Untersuchung der Bodenluft stößt man seitlich durchbohrte Rohre, welche an ihrem unteren Ende eine Rammspitze — ähnlich wie bei den Abessinierbrunnen (s. Abschnitt V) — tragen, in den Boden ein und fängt die entweichende Luft in einem Eudiometer über Wasser auf.

F. Das Verhältnis des Bodens zum Grundwasser.

Sowohl für den Fundamentbau der Gebäude als auch für bestimmte Ziele der Wasserversorgung sind die Beziehungen des Bodens zum Grundwasser von größter Wichtigkeit.

Je nach der Durchgängigkeit des Bodens sickert ein bestimmter Teil der atmosphärischen Niederschläge (Regen, Schnee) in den Boden

Abbildung 3.



Wassergehalt der oberen Bodenschicht.

tiefer ein, bis das Wasser auf eine undurchlässige Schicht (Ton) stößt, die ein weiteres Eindringen in größere Tiefen verhütet[1]). Auf diesem Wege des Wassers unterscheidet man im Boden eine Verdunstungs-

1) Die von anderer Seite vertretene Ansicht, daß sich Grundwasser auch durch Kondensation von Wasserdampf im Erdboden bilden kann, soll nur kurz erwähnt werden.

oder Austrocknungszone, in welcher der größte Teil je nach dem Sättigungsdefizit der atmosphärischen Luft wieder verdunstet, eine Durchgangszone und die eigentliche Grundwasserzone, deren oberer Teil, d. h. der Bezirk, in dem alle kapillaren und auch ein Teil der etwas größeren Hohlräume mit Wasser angefüllt sind, die kapillare Grundwasserzone genannt wird (Abb. 3).

Auf den undurchlässigen Schichten können sich nun in weiter Ausdehnung große Wassermassen ansammeln, die meist nicht stillliegen, sondern je nach der geologischen Konfiguration der Tonschicht (Gefälle) nach tiefer gelegenen Stellen (z. B. Quellen, Flüssen, Meer) hinströmen (Grundwasserstrom). Die äußere Gestaltung der Erdoberfläche ist hierbei nicht immer mit derjenigen der Tonschicht übereinstimmend, sodaß, wie Keilhack (5) festgestellt, die oberirdische Wasserscheide trotz eines völlig durchlässigen Bodens sich mit der Grundwasserscheide nicht immer deckt.

Meistens findet sich in größerer Tiefe noch eine zweite undurchlässige Schicht mit einem zweiten Grundwasserstrom, sodaß man ein oberflächliches und ein tieferes Grundwasser unterscheiden kann, die nach ihrer chemischen Analyse von einander sehr verschieden sein können (Wernicke und Weddert). Näheres im Abschnitt „Wasserversorgung".

Für die Bauhygiene kommt allein der Stand des Grundwassers im Vergleich zum Terrain in Betracht, wobei die früher geschilderte kapillare Attraktion der darüber gelagerten Bodenschichten von Bedeutung ist. Hochstehendes Grundwasser erschwert die Fundamentierung eines Gebäudes und erfordert besondere Vorsichtsmaßregeln, um das Grundmauerwerk gegen die aufsteigende Bodenfeuchtigkeit zu isolieren.

In den oberen Bodenschichten sind meist ungeheure Mengen von Bakterien, darunter auch gelegentlich Krankheitserreger (Tetanus, malignes Oedem u. a. m.) vorhanden; in einer Tiefe von 1—2 m nimmt aber die Bakterienzahl sehr schnell ab (s. bakt. Bodenuntersuchung S. 21), und in einer Tiefe von 4—6 m sind Bakterien meist nicht mehr nachweisbar, vorausgesetzt, daß es sich nicht um einen grobporigen oder zerklüfteten Boden handelt. Steht das Grundwasser in größerer Ausdehnung in einer derartigen Tiefe, so wird es wohl meist steril befunden werden.

Bei allen Untersuchungen auf Grundwasser ist die Kenntnis der geologischen Bodenstruktur von Wichtigkeit, die durch Bohrungen festgestellt werden kann.

Handelt es sich, wie meist, um diluvialen oder alluvialen Boden,

so kann man mit einiger Sicherheit darauf rechnen, daß diese Bodenschichten auch auf größere Entfernungen hin ungefähr dieselbe Regelmäßigkeit erkennen lassen; das einmal in einer bestimmten Tiefe — auf den Meeresspiegel bezogen — festgestellte Grundwasser wird sich mit dem Gefälle entsprechenden Höhendifferenzen auch an entfernteren Stellen antreffen lassen; anders bei den älteren Formationen, deren Schichtung nicht so gleichmäßig, sondern durch Verwerfungen, Klüfte, Spalten manchmal recht unregelmäßig ist, so daß die Auffindung des Grundwassers mit größeren — auch technischen — Schwierigkeiten verbunden sein kann.

Ueber die Feststellung des Grundwasserstandes siehe Abschnitt „Wasserversorgung".

Liegt der Grundwasserspiegel ziemlich hoch, so daß eine Durchfeuchtung des Baugrundes zu befürchten ist, so kann durch eine zweckmäßige Baugrundentwässerung[1]) die Feuchtigkeit beseitigt werden. Die Entwässerung des Untergrundes kann durch Drainage oder Sickergräben erfolgen.

Manchmal erzielt man aber eine Trockenlegung des Bodens schon dadurch, daß man dem „Vorfluter" (Fluß, Bach), dem das Grundwasser durch sein regionäres Gefälle zuströmen muß, ein tieferes Niveau durch Ausbaggern gibt und den Lauf zweckmäßig reguliert. Liegt nämlich dieses Niveau im Verhältnis zu dem zu bebauenden Gelände zu hoch, so wird der natürliche Abfluß des Grundwassers gehemmt und der Grundwasserspiegel durch Stauung erhöht.

Häufig sind aber Flüsse, Bäche oder dergl. nicht in der Nähe, oder die Tieferlegung des Niveaus eines Vorfluters verbietet sich aus anderen Gründen.

In diesen Fällen wird eine Anlage von Drainageröhren oder Abzugsgräben erforderlich.

Unter Drainage versteht man eine Entwässerungsanlage des Bodens durch unterirdisch eingelegte, seitlich durchlöcherte, gebrannte Tonröhren. Vorbedingung einer guten Drainage wie jeder richtig angelegten Entwässerung überhaupt ist das Vorhandensein oder die Möglichkeit der künstlichen Anlage einer genügenden Vorflut, z. B. der Vertiefung eines Grabens, in welchen die Sammeldrains einmünden und durch den das Drainagewasser abziehen kann. Hierbei ist darauf zu achten, daß eine Rückstauung durch höheren Wasserstand in dem Vorflutgraben nicht vorkommt.

---

1) F. S. O. Beilage 11.

Die Anordnung der einzelnen Drainageröhren richtet sich nach den Gefälls-, Grundwasser- und Geländeverhältnissen und muß systematisch durchgeführt werden (Drainagesystem).

Sickergräben sind offene, schmale Gräben, die mindestens bis in frostfreie Tiefe, oft je nach Lage der wasserführenden Schichten auch tiefer in den Boden eingeschnitten und mit durchlässiger wasseransaugender (Kapillarattraktion!) Füllung ausgepackt werden. Durch entsprechendes Gefälle führen sie die oberen Grundwassermengen nach tieferen Stellen ab, wodurch das umliegende Gelände trocken gelegt wird.

G. Hygienische Betrachtungen über die Bodenfeuchtigkeit.

Feuchter Boden ist kalt, da das in der oberflächlichen Schicht des meist feinkörnigen und tonhaltigen Bodens aufgespeicherte Wasser je nach der Höhe der Außentemperatur und ihrem dementsprechend verschiedenen Sättigungsdefizit verdunstet, wodurch Wärme aus der Umgebung verbraucht wird. Deshalb ist feuchter Boden besonders im Sommer bei hoher Temperatur und großem Sättigungsdefizit kühl. Diese Bodenfeuchtigkeit ist für militärische Verhältnisse insofern von Bedeutung, als man bei dem Aufschlagen von Zelten und Baracken hierauf Rücksicht nehmen muß. Auch bei der Anlage von Exerzier- und Reitplätzen wird man die Bodenfeuchtigkeit beachten müssen (Bd. III, Militärische Unterkünfte).

Um diese Uebelstände nach Möglichkeit zu beseitigen, hebt man den feuchten Boden aus und füllt trockenen, d. h. grobporigen ein, der die atmosphärischen Niederschläge schneller einsickern läßt, dadurch selbst trockener bleibt und sich in der Sonne bei dem Fehlen der Verdunstungskälte schneller erwärmt.

Stehen die Fundamente eines Gebäudes in feuchtem Boden oder gehen sie selbst bis in die kapillare Grundwasserzone hinein, so saugen sie Wasser an, wodurch das Haus feucht und ungesund werden kann. Neben den schon geschilderten Möglichkeiten einer rationellen Entwässerung des ganzen Grundstücks muß man in diesen Fällen die Fundamente durch wasserundurchlässige Schichten (Asphalt, Zement) vor der Bodenfeuchtigkeit schützen.

H. Verunreinigung des Bodens.

1. Hygienische Bedeutung eines verunreinigten Bodens.

Die verschiedenartigen Abfälle des täglichen Lebens werden im allgemeinen, wenn sie nicht auf besondere Weise zerstört werden, entweder dem Wasser (Flüsse) oder dem Boden übergeben; auch in

ersterem Falle kommt es trotz der modernen Flußhygiene noch häufig genug dazu, daß das Wasser, anstatt in größere Seen oder das Meer abzufließen, den Boden überschwemmt und die gelösten Abfallstoffe in den Boden eindringen, die ungelösten (suspendierten) auf dem Boden sich absetzen läßt.

Auf diese Weise kann der Boden mit organischen und anorganischen Stoffen getränkt werden, die zwar für die Landwirtschaft erwünscht (Ueberschwemmungen des Nilflusses), hygienisch aber nicht immer ohne Bedenken sind.

Viel häufiger wird aber der Boden unmittelbar durch Ausgießen bezw. Aufschütten der Abgänge des menschlichen Haushaltes und der Betriebe verschiedenster Art verunreinigt; das Schlimmste dieser Art ist die Ablagerung menschlicher und tierischer Fäkalien (Jauche) auf bezw. im Boden.

So wertvoll diese „Düngung“ für die Landwirtschaft ist, wo das reichlich aufgestapelte organische Material durch die Tätigkeit kleinster Lebewesen pflanzlicher (Bakterien) und tierischer Art, unter dem Einfluß von Wärme und Feuchtigkeit verarbeitet und von der Vegetation aufgenommen wird, so hygienisch verwerflich ist eine längerdauernde Verunreinigung dieser Art an Stellen, die der menschlichen Behausung und dem Verkehr dienen sollen.

Die abgelagerten organischen Substanzen gehen in Zersetzung über, wodurch sich üble, wenn auch nicht gerade immer gesundheitsstörende Gerüche (Schwefelwasserstoff H_2S, Grubengas CH_4 u. a.) bemerkbar machen; ferner bildet der an Nahrung reiche Boden einen Anziehungspunkt für Tiere mancherlei Art, die u. a. gelegentlich auch Krankheitserreger in menschliche Wohnungen schleppen können (Mäuse, Fliegen), und schließlich besteht die Gefahr, daß diese organischen fäulnisfähigen Stoffe bei einem schlecht abgedeckten Brunnen durch einen Regenguß in das Brunnenwasser gespült werden können und mit ihnen gelegentlich auch mit den Fäkalien ausgeschiedene Krankheitserreger (siehe Epidemiologie Bd. IV).

Die früheren Ansichten, daß dem Boden unmittelbar für das Zustandekommen von Infektionskrankheiten (Typhus, Cholera, Malaria) ein spezifischer Einfluß beizumessen sei, sind durch die modernen bakteriologischen und epidemiologischen Forschungen widerlegt, die in dem kranken Menschen in erster Linie den Ausgangspunkt weiterer Ansteckungen nachgewiesen haben; der Boden spielt hierbei nur eine gelegentliche, vorübergehende Vermittlerrolle.

Gelangen nur geringe Mengen von Abfallstoffen des menschlichen Haushaltes oder gewerblicher Betriebe auf oder in den Boden, so er-

folgt alsbald, wenn die Feuchtigkeit und die Temperatur des Bodens günstig sind, eine Zersetzung der organischen Stoffe durch pflanzliche und tierische Lebewesen, sodaß nach einiger Zeit eine völlige Zerlegung der kompliziert aufgebauten organischen Stoffe in ihre einfachsten Komponenten stattgefunden hat. Auf diese Weise tritt eine Selbstreinigung des Bodens ein, die soweit geht, daß Fäulnis- oder Verwesungsprozesse nicht weiter fortgeführt werden können, da alles fäulnisfähige Material sich unter Bildung verschiedenster Gase und Mineralien zerlegt hat.

Auf einem Untergrund, der mit fäulnisfähigen Stoffen stark verunreinigt ist, wird man niemals ein für den dauernden Aufenthalt von Menschen bestimmtes Gebäude errichten.

Aber auch für den vorübergehenden Aufenthalt von Menschen ist ein derartiger Boden ungeeignet. Deshalb wird sowohl im Kriege als im Frieden bei der Anlage von Biwaks, Belagerungen, Zeltlagern usw. durch besondere Vorrichtungen zur Beseitigung der Abfallstoffe streng darauf gehalten, daß das Lager selbst durch die menschlichen Abgänge (Kot und Urin) ebenso wenig wie durch die in Küchen- und anderen Betrieben sich ergebenden Abfälle verunreinigt wird.

Die Frage der Leichenverbrennung auf dem Schlachtfeld an Stelle der Beerdigung (Massengräber) ist wohl bisher vereinzelt aufgeworfen worden; eine erfolgreiche Erörterung und die im hygienischen Interesse wünschenswerte Einführung der Leichenverbrennung im Kriege wird wohl erst einer späteren Zeit vorbehalten bleiben, wobei die Weiterentwicklung der Technik durch Bau transportabler kriegsbrauchbarer Leichenverbrennungsöfen von Bedeutung sein wird.

Im Uebrigen siehe Beseitigung der Abfallstoffe (dieser Band Abschnitt VI).

Auch aufgeschütteter Boden, der mehr aus anorganischen (Müll) als organischen Stoffen besteht, ist als Baugrund nicht zu empfehlen, selbst wenn durch langjährige Lagerung alles organische Material mineralisiert ist; in früherer Zeit wurde er häufiger als Baugrund für Städte benutzt. Dagegen lassen sich derartige Ablagerungen wohl dazu verwenden, um Terrainvertiefungen allmählich auszugleichen oder Terrainerhebungen auszuführen, die für gärtnerische Anlagen, nicht aber zu Wohnzwecken dienen sollen.

Derartige Aufschüttungen können hiernach nur für entlegene, nicht bebaute Plätze in Betracht kommen (wie für die Havelniederungen in der Nähe von Berlin und die Moore bei München); auch ist darauf zu achten, daß die Massen weder bei Hochwasser abgeschwemmt,

noch in einem Terrain aufgestapelt werden, wo der Grundwasserspiegel sehr hoch steht.

Auf diese Weise hat z. B. Leipzig durch Anhäufung von zirka 120 000 cbm Müll und Bauschutt den 20 m hohen, mit einem

Abbildung 4.

Scherbelberg im Rosenthal zu Leipzig.

Aussichtsturm geschmückten „Scherbelberg" künstlich hergestellt (Abb. 4 nach Praußnitz).

2. Untersuchung des Bodens auf Verunreinigung.

Im allgemeinen wird man einem Boden schon unter Berücksichtigung seiner bisherigen Verwendung (Kanalisationsröhren, Schmutzwassergräben) ansehen können, ob er stärkeren Verunreinigungen (Zuflüsse aus Zuckerfabriken, Fettschmelzen, Gerbereien, Abdeckereien usw.) längere Zeit ausgesetzt war oder noch ist, so daß seine Benutzung für Bauzwecke zweifelhaft erscheinen könnte.

Es kann aber doch der Fall eintreten, daß man Gewißheit haben muß, ob ein früher stark verunreinigter Boden im Laufe der Zeit durch Zersetzung des ihm zugeführten organischen Materials bereits einen solchen Grad von Selbstreinigung durchgemacht hat, daß er nötigenfalls als Bauland Berücksichtigung finden könnte, oder ob in

dem Boden etwa noch solche Fäulnisprozesse vor sich gehen, daß durch hierbei entstehende übelriechende Gase eine Belästigung der Bewohner zu befürchten ist. Zu diesem Zweck kann sowohl eine chemische als eine bakteriologische Untersuchung bis zu einem gewissen Grade zur Klärung dienen.

a) Chemische Bodenuntersuchung.

Die chemische Untersuchung erstreckt sich hauptsächlich auf die Menge der organischen Bestandteile, auf die Menge des Eiweiß-Stickstoffs, des Ammoniaks und der salpetrigen Säure, wobei nur die tieferen Bodenschichten, nicht der oberflächlich liegende Humus in Frage kommen kann; die ersteren beiden werden in einer gewogenen Bodenprobe nach den bekannten chemischen Untersuchungsmethoden, die letzten drei im wäßrigen Extrakt nach den bei dem Kapitel „Wasseruntersuchung" angegebenen Methoden bestimmt. Gegebenenfalls kann auch eine quantitative und qualitative Untersuchung des auf dem Terrain zu Tage tretenden Wassers (Flachbrunnen, Quelle) einen beachtenswerten Fingerzeig geben, da das Wasser den größten Teil der im umliegenden Erdreich vorhandenen lösbaren Bestandteile auslaugt.

Schließlich kann die Bestimmung des Fettgehalts des Bodens durch den Soxhletschen Extraktionsapparat mit Aether in Frage kommen, da nach Rubner der reine Boden nur sehr wenig von in Alkohol oder Aether löslichen Stoffen enthält.

Gröbere Verunreinigungen des Bodens sind manchmal ohne weiteres bereits aus der stellenweise vorhandenen dunkleren Farbe und dem Geruch nach Fäulnis und Moder zu erkennen; in zweifelhaften Fällen kann durch die Erwärmung des Bodens in einem trockenen Reagensglas der Geruch deutlicher werden. Geruch nach verbrannten Haaren, Federn, Jauche u. a. deuten auf animalische, Geruch nach feuchtem Stroh auf vegetabilische Verunreinigungen hin.

Wie aber auch bei der Wasseruntersuchung die „Grenzzahlen" nur einen bedingten Wert haben, so führt auch die chemische Untersuchung des Bodens noch nicht zu allgemein befriedigenden Ergebnissen.

Dagegen hat die Untersuchung des Bodens auf Bakterien eine größere Bedeutung.

b) Bakteriologische Bodenuntersuchung.

Bei einer bakteriologischen Bodenuntersuchung verfolgt man in der Hauptsache 2 Ziele: einmal will man nachweisen, bis zu welcher Bodentiefe Bakterien in größerer Anzahl vorhanden sind, um hieraus auf die Filtrationskraft des Bodens schließen zu können, und zweitens kann es sich darum handeln, den Nachweis pathogener Keime im Boden zu führen, wodurch dann ein Aufenthalt für den Menschen mit gesundheitlichen Gefahren verbunden wäre.

Je feinporiger ein Boden, um so weniger werden Bakterien von der meist großen an der Bodenoberfläche vorhandenen Zahl — bis mehrere Millionen pro 1 ccm — in die Tiefe eindringen können. Setzt sich die feinporige Bodenschicht (Sand) gleichmäßig in die Tiefe fort, ist sie also frei von Spalten und Klüften, so kann man im allgemeinen annehmen, daß sich die Bakterienzahl in einer Tiefe von 1—2 m schon sehr stark verringert hat, und daß in noch größerer Tiefe Keime meist nicht mehr nachweisbar sind. Dies ist auch für das Grundwasser von Bedeutung, welches in der Mehrzahl der Fälle bakterienfrei angetroffen wird.

Die Verhältnisse ändern sich aber bei einem grobporigen Boden, dessen Filtrationskraft geringer ist. Auch bei einem mit Bäumen bepflanzten Terrain kann man noch in größerer Tiefe eine größere Menge von Bakterien antreffen, die längs der Wurzeln — besonders bei den tiefer gehenden Wurzeln des Laubholzes — in den Boden eintreten.

Sind aber Bakterien tiefer in den Boden eingedrungen, so ist auch die Möglichkeit vorhanden, daß Schmutzstoffe nicht in genügender Weise von dem Boden zurückgehalten werden.

Der Nachweis pathogener Keime, z. B. von Typhus-, Ruhr- und Cholerabakterien im bzw. auf dem Boden kann unter Umständen einen Fingerzeig für die

Entstehung bzw. die Weiterverbreitung einer Epidemie geben, indem von dem infizierten Boden aus durch Verschleppung mit den Stiefeln oder durch Fliegen usw. weitere Uebertragungen auf andere Gegenstände (Nahrungsmittel) verursacht werden können, mit denen der Mensch in unmittelbare Berührung kommt. Ferner können auf den Boden gelangte Keime gelegentlich auch in das Grundwasser und damit in das Trinkwasser gelangen, wie es auch bei schlecht abgedeckten Brunnen vorkommen kann, daß die Krankheitserreger z. B. bei einem Regenguß direkt in den Brunnen gespült werden.

Endlich können widerstandsfähigere pathogene Mikroorganismen wie Milzbrandbazillen, Tuberkelbazillen u. a. bei trockenem Boden durch den Wind verstäubt und weithin verschleppt werden.

Näheres hierüber im Kapitel „Epidemiologie", Band IV.

Im allgemeinen aber gehen die pathogenen Mikroorganismen im Boden verhältnismäßig schnell zu Grunde. Doch kommt es hierbei auf die begleitenden Nebenumstände an, so konnte Loesener aus einer vergrabenen Typhusmilz Typhusbazillen noch am 96. Tage herauszüchten. Jedenfalls läßt das Licht, gegebenenfalls auch die Austrocknung u. a. diese Bakterien bald absterben und schließlich werden sie auch durch die harmlosen Bakterien, die im Boden bessere Bedingungen für ihr Fortkommen finden, überwuchert, also der Zahl nach zurückgedrängt, wodurch ihr bakteriologischer Nachweis erschwert wird.

Abbildung 5.

Bohrer für bakteriologische Bodenuntersuchungen. A = offen, B = geschlossen.

Von besonderen pathogenen Bodenbakterien wären die Erreger des Tetanus und des malignen Oedems zu nennen (siehe Abschnitt „Infektionskrankheiten", Bd. III).

Die Proben der oberflächlichen Bodenschicht werden zur bakteriologischen Untersuchung mit sterilisierten kleinen Platinlöffelchen entnommen; bei Untersuchung der tieferen Bodenschicht benutzt man meistens einen besonders konstruierten, sterilisierbaren Erdbohrer (Abb. 5). Bei dem Erdbohrer ist der zur Aufnahme der Erdprobe bestimmte löffelförmige „Ausschnitt" durch eine Hülse verschließbar, an der eine nach außen gebogene Leiste sich befindet.

Dreht man den Bohrer im Sinne der Windungen, so bleibt der Ausschnitt geschlossen; ist man in der gewünschten Tiefe angekommen, so dreht man entgegengesetzt, wodurch sich die Leiste zurückschiebt, den „Ausschnitt" öffnet, der sich nun mit Erde füllt. Bei nun folgender Drehung in dem zuerst erwähnten Sinne, schiebt sich die Hülse vor den Ausschnitt und die Bodenprobe kann ohne weitere Verunreinigung aus dem Boden befördert werden.

Der Bohrer ist bei steinigem Boden unbrauchbar.

Die gewonnenen Bodenproben werden möglichst bald in Nährboden verteilt und weiter bakteriologisch untersucht.

Um gewisse, für Tiere pathogene Mikroorganismen nachzuweisen, verimpft man auch den Boden unmittelbar auf Versuchstiere.

2. Kapitel.

Bebauung des Grundstücks.

a) Die Herstellung des Baugrundes.

Die Anforderungen, die vom hygienischen Standpunkt an den Baugrund als Erdboden gestellt werden müssen, sind in dem vorgehenden Kapitel eingehend besprochen.

Die Haupterfordernisse eines gesunden Baugrundes sind: Festigkeit, Porosität, Trockenheit und Reinheit.

Nur in den seltensten Fällen bildet die oberste Erdschicht einen brauchbaren Baugrund; meist muß man die obersten Schichten abtragen, d. h. man stellt eine Baugrube her; auch kann zuweilen schlechter Baugrund innerhalb gewisser Grenzen verbessert werden z. B. durch zweckmäßige Entwässerung (s. S. 16).

Der ganze Bauplatz wird meist eingefriedrigt, doch hat man auf die nötigen Zufahrtsstraßen Rücksicht zu nehmen. Die Einfriedigung des Bauplatzes muß die Gewißheit geben, daß Verletzungen vorübergehender Personen durch herabfallendes Baumaterial ausgeschlossen sind; dies wird besonders dann der Fall sein müssen, wenn der Bauplatz, wie meist in Städten, unmittelbar an der Straße liegt.

Vom hygienischen Standpunkt ist ferner zu fordern, daß für die Arbeiter die nötigen Latrinen und ein Raum vorhanden ist, in dem sie sich gelegentlich während der Mahlzeiten aufhalten und umziehen können; zweckmäßig ist es auch, bei größeren Bauten eine kleine Verbandstation vorzusehen.

b) Bebauung des Grundstücks.

1. Orientierung der Gebäude nach der Himmelsrichtung.

Bei der Frage, nach welcher Himmelsrichtung ein Gebäude in seiner Hauptfront gerichtet sein soll, handelt es sich hauptsächlich darum, dem Gebäude in ausreichender Fülle Himmelslicht und Sonnenwärme zuzuführen. Es ist klar, daß diese Frage einheitlich nicht gelöst werden kann, da in Städten mit der notwendig verschiedenartigen Straßenrichtung anderenfalls — allerdings aus wirtschaftlichen Gründen — kein geordneter Bebauungsplan beider Straßenseiten ermöglicht würde, in einem allseitig freien Bauterrain auch noch andere klimatische Einflüsse, wie z. B. die nach Lage des Orts verschiedene Windrichtung berücksichtigt werden müssen. Jede Himmelsrichtung hat neben ihren Vorzügen auch Nachteile.

Es ist eine der wichtigsten, allerdings auch eine der schwierigsten Aufgaben, die Himmelsrichtung zweckmäßig zu bemessen.

Als Grundbedingungen für die Lage der Gebäude (Wohnstätten) zur Sonne in unseren Breitegraden stellt Nußbaum[1]) folgende auf:

Volle Ausnutzung der durch die Sonnenstrahlen ge-

1) Nußbaum (13), S. 205.

botenen Licht- und Wärmemengen während der kühlen und kalten Jahreszeit; Schutz sowohl vor der Wärmewirkung als auch vor grellen, das Auge beeinträchtigenden Lichtwirkungen zur Zeit des Hochsommers.

Bei der Beurteilung der Erwärmung eines Gebäudes durch Sonnenwärme spielt neben der von der Farbe abhängigen Absorptionsfähigkeit des Mauerwerks die Dauer der Bestrahlung und der Winkel, in dem die Sonnenstrahlen auffallen, die Hauptrolle.

Die Bestrahlungsdauer hängt ab von der nach Klima und Jahreszeit verschiedenen Tageslänge, der Bewölkung und der Himmelsrichtung selbst. Nordwände können Sonnenstrahlen im Sommer nur morgens und abends für kurze Zeit, Südwände 12 Stunden — von ca. 6 Uhr früh bis ca. 6 Uhr abends —, Ostwände von ca. 6 Uhr früh bis mittags, Westwände von mittags bis ca. 6 Uhr abends (Flügge) erhalten.

Je senkrechter die Sonnenstrahlen auf eine Mauer einfallen, um so stärker muß sie sich erwärmen (häufig auf 40—50°). Deshalb erwärmt sich eine Südwand — bei hochstehender Sonne — nicht so stark wie eine Ost- oder Westwand. Die Mittagssonne trifft am stärksten das Dach.

Nach Flügge[1]) sind folgende, an der Innenwand gemessene Temperaturen beobachtet worden:

	Wanddicke	
	15 cm	50 cm
Nordwand	20°	20°
Südwand	23°	21°
Ostwand	28,5°	23°
Westwand	30°	24°

Hiernach wird die Westseite durch die Sonne am stärksten erwärmt, dann die Ost- und Südseite, am wenigsten die Nordseite.

Was von der Sonnenwärme gilt, besteht mehr oder weniger auch für die direkte Sonnenbeleuchtung zu recht, die aus hygienischen Gründen noch besonders wertvoll erscheinen muß. Je mehr man sich auch im Winter dem Genuße der direkten Sonnenstrahlung in einer Wohnstätte hingeben kann, um so gesünder und freundlicher ist diese.

Die Sonnenstrahlung ist naturgemäß neben anderen Faktoren von dem Abstand eines Gebäudes von den gegenüberliegenden abhängig und muß demnach in den höheren Stockwerken am größten sein.

1) Flügge (7), S. 312.

Nach Vorstehendem läßt sich je nach den anderen vorherrschenden Momenten die jeweilige Orientierung eines Gebäudes beurteilen. Bei freistehenden Häusern, um welche es sich bei Militärbauten (Kasernen, Lazarette, Baracken usw.) meist handelt, liegen, wenn nichts anderes dagegen spricht, die Schlafräume am besten nach Osten, da die Sonnenstrahlung frühzeitig eintritt und rechtzeitig verschwindet, Wohn- und Aufenthaltsräume nach Süden (Sonnenschutz![1]) oder Osten[2]), Küchen, Badezimmer, Speisekammern, Klosetts nach Norden, wobei in den beiden zuerst genannten Räumlichkeiten die durch Wasserdampfbildung infolge Kondensation entstehende Feuchtigkeit in zweckmäßiger Weise durch Ventilation zu beseitigen ist.

In Deutschland ist die West- stellenweise auch die Nordseite meist die Wetterseite, weshalb sie besonderen Wetterschutz erfordert. Nach Westen gelegene Räume leiden auch im Sommer während der Nachmittags- und Abendstunden — in Kasernen die Zeit ihrer Hauptbenutzung — durch die Sonnenhitze; auch ist wegen der Winde die Fensterlüftung erschwert. (Siehe Wohnungsfeuchtigkeit.)

Bei der Anlage der Höfe (Exerzierplätze) muß man möglichst darauf Rücksicht nehmen, daß sie gegen Ost- und Nordwinde geschützt sind (§ 3, 2 G. G.)

Von mancher Seite wird empfohlen, Gebäude, wenn möglich, von Nordost zu Südwest zu orientieren, da einerseits bei reiner Orientierung von Ost nach West (Längsrichtung von Nord nach Süd) die Gebäude den bei uns herrschenden kalten Winden, andererseits die nach Westen gelegenen Räume im Sommer einer übermäßigen Erhitzung ausgesetzt sind.

Gebäude besonderer Art können betreffs ihrer Lage nach einer Himmelsrichtung auch besondere Anforderungen stellen, so z. B. Schulbauten (Kadettenanstalten), bakteriologisch-mikroskopische Laboratorien, deren Fenster möglichst nach Norden orientiert sein sollen. Für erstere wird nach Erismann, Nußbaum, Gruber die Nordlage bevorzugt, weil die Notwendigkeit einer ruhigen und gleichmäßigen Beleuchtung nach ihrer Ansicht die hauptsächlichste hygienische Forderung ist. Andererseits macht aber neuerdings Marx (15) darauf aufmerksam, daß der Nordlage die erwärmende Kraft der Sonne fehlt, was man dann bei der Anlage der Heizung berücksichtigen müsse. Ein weiterer Nachteil der Nordlage ist noch darin zu erblicken, daß

1) Jalousieläden, Zugjalousien sind unter besonderen militärischen Verhältnissen, die ihre Anbringung rechtfertigen, zulässig. G. G. § 7, 4.

2) G. G. § 6, 4.

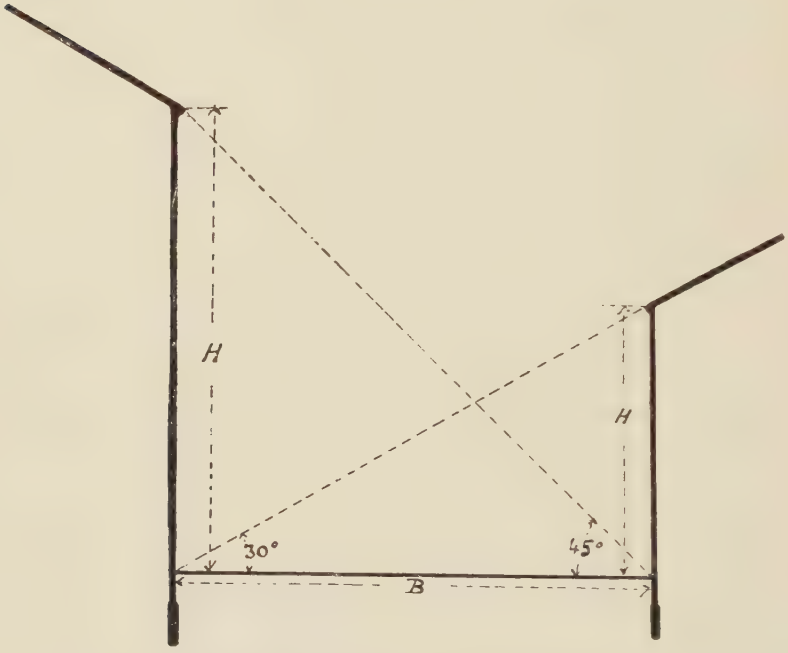
durch das Fehlen der Sonnenstrahlen Zersetzungsvorgänge (Bakterienentwicklung) begünstigt werden können, die im Interesse einer guten Schulluft unerwünscht sein müssen.

2. Abstand der Gebäude.

Militärische Bauten werden äußerst selten in der „geschlossenen Bauordnung“ aufgeführt.

Meist sind es, wie in dem Kapitel „militärische Unterkünfte“ [1]) eingehender geschildert wird, einzeln stehende Gebäude, die in „offener Bauweise“ (Pavillonsystem) aufgeführt sind, deren Abstand von einander aus hygienischen Gründen wohl zu berücksichtigen ist. Aber

Abbildung 6.



Verhältnis der Haushöhe zur Straßenbreite.
(H = Haushöhe, B = Straßenbreite.)

auch bei der geschlossenen Bauweise kommt der Abstand der einander gegenüberliegenden Gebäude in Betracht.

Im allgemeinen ist die offene Bauweise gesünder, da Licht und Luft in jeden Raum besser eindringen und der für die Ventilation der Häuser und Höfe so wichtige „Wind“ mit größerer Windstärke

1) Band III.

angreifen kann (Windanfall), andererseits ist ein allseitig freistehendes Haus aber auch mehr den Einflüssen der Witterung ausgesetzt (Westseite, Wetterseite), wodurch die Haltbarkeit des Mauerwerks im Laufe der Zeit geschädigt werden kann, besonders wenn hiergegen keine besonderen Schutzmaßregeln ergriffen sind (siehe Schutz gegen Feuchtigkeit).

Der Abstand der einander gegenüberliegenden Häuser soll mindestens die Haushöhe betragen (H. = B.[1]), damit das diffuse Tageslicht wenigstens bis zur Sohle der Vorderfläche des Hauses gelangen kann. (Abb. 6, nach Weyl.)

Werden die im Erdgeschoß befindlichen Zimmer als Bureaus (Geschäftszimmer) oder Schulzimmer benutzt, so empfiehlt es sich im Interesse einer ausreichenden natürlichen Beleuchtung[2]) der ganzen Räume mit Tageslicht die Straßenbreite mehr als die Höhe des gegenüber liegenden Hauses betragen zu lassen. Flügge schlägt hierfür die $1^1/_2$ fache Haushöhe vor. Dasselbe gilt naturgemäß für die Größe der Höfe, wenn sie teilweise von Wohnhäusern eingeschlossen sind.

Diese Forderungen können für Militärbauten von Bedeutung sein, da Kasernen in großen Städten manchmal in Straßen mit geschlossener Bauordnung liegen.

Aber auch bei offener Bauordnung kommen sie in Betracht, da bei dieser auch an den Seitenwänden Fenster angebracht werden, deren Lichteinfall durch das benachbarte Haus beeinträchtigt werden kann.

Beträgt der Seitenabstand zweier Häuser weniger als 5 m, so dürfen nach einigen Bauordnungen Oeffnungen in der Mauer nicht angebracht, vielmehr muß sogar eine Mauer als Brandmauer ausgebildet werden; ist die Distanz größer als 5 m, so können beiderseits „Oeffnungen“ angebracht werden.

3. Höhe der Gebäude.

Nach der Garnisongebäudeordnung[3]) beträgt die Anzahl der bewohnten Geschosse in Wohngebäuden in der Regel nicht mehr als drei, ihre Höhe zwischen den Fußböden 3,8 m, jedoch genügt für die Familiengebäude der Militärpersonen eine Geschoßhöhe von 3,5 m. Stuben von geringerer lichter Höhe als 3 m sollen möglichst als Wohnräume nicht benutzt werden.

1) Haushöhe = Straßenbreite.
2) Wegen Verstärkung der natürlichen Beleuchtung durch besondere Vorrichtungen siehe diesen Band, Abschnitt II, Beleuchtung.
3) § 6, 1.

In den Städten richtet sich die Höhe der Häuser nach der Polizei-Bauordnung und hängt nach den im vorhergehenden Kapitel gemachten Ausführungen auch von der Straßenbreite ab. Als maximale Höhe kann man aber in Deutschland etwa 20—25 m ansehen; die Zahl der Stockwerke soll höchstens 5 und die minimale lichte Höhe 2,5—3 m betragen.

Die Forderungen der Militärhygiene gehen hiernach über diejenigen mancher Städte hinaus.

4. Hausfundament.

Für die Wahl eines militärischen Bauplatzes und die damit in engem Zusammenhang stehende Frage der Fundamentierung gibt die Garnisonbauordnung (§ 28) nähere Auskunft.

Wenn die Forderung der Garnisongebäudeordnung (§ 3, 2) „die Lage der Kasernen pp. muß gesund sein“ erfüllt werden soll, müssen die hygienischen Bedingungen der Fundamentierung des Gebäudes auch erfüllt werden. Denn das Fundament soll ein Gebäude gegen den Boden wasser- und luftdicht abschließen, es muß aber auch so angelegt sein, daß eine Verschiebung weder in senkrechter noch in wagerechter Richtung erfolgen kann. (Festigkeit, Tragfähigkeit.) Die gewöhnliche Bodenfeuchtigkeit kann einem Fundament auch dadurch gefährlich werden, daß der Frost im Winter den Baugrund auflockert, deshalb muß die Fundamentbasis oder Fundamentsohle in frostfreier Tiefe also 1—1,25 m unter Terrain verlegt werden.

Noch wichtiger sind die Beziehungen des Grundwassers zu dem Fundamentmauerwerk.

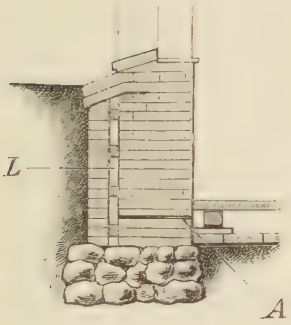
Ohne besondere Vorkehrungen steigt gegebenenfalls das Grundwasser im Fundament und dem Stockmauerwerk empor, wodurch ein feuchter Zustand der Mauern und der von ihnen eingeschlossenen Räume veranlaßt werden kann. Nach der Garnisongebäudeordnung muß der Fußboden des Kellergeschosses in der Regel mindestens 30 cm über dem bekannten höchsten Grundwasserstand liegen; die Grundwasserverhältnisse sind aber nicht immer als so konstant bleibend anzusehen, daß diese Forderung für sich allein immer dauernde Sicherheit gewährt.

Je nach der Bodenart kann Feuchtigkeit sowohl von unten als auch von der Seite her kapillar (siehe Kapitel „kapillare Attraktion des Bodens“ S. 9) bis zu dem Fundamentmauerwerk gelangen, in den meist porösen Bausteinen hochsteigen und das Gebäude feucht erhalten.

Deshalb muß das Fundament durch besondere Dichtungs- (Isolier-) Anlagen gesichert werden.

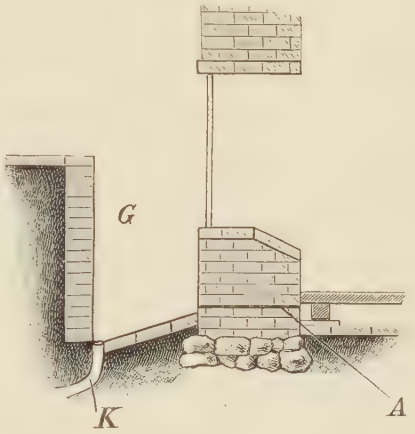
Für diesen Zweck empfiehlt sich besonders eine heiß aufgetragene, 10 mm starke Schicht von Asphalt[1]) oder Teer oder eine Lage von Asphaltpappe, die sowohl nach den Seiten als nach dem Baugrund, jedenfalls unter dem Fußboden des untersten Erdgeschosses angebracht wird; ferner kommen hierfür Zement, der noch hart gebrannte Backsteine (Klinker) einschließen kann, besonders gegen Oxydation geschützte Bleiplatten, Glasplatten, Aufgießen von heißem Ceresin oder Paraffin u. a. in Betracht. Manchmal wird in den Fundamentmauern

Abbildung 7.



Hausfundament.
A = Asphaltschicht, L = Luftraum.

Abbildung 8.



Hausfundament mit Graben.
A = Asphalt, G = Graben, K = Entwässerung.

eine 15 cm breite Luftschicht ausgespart, welche die seitliche Bodenfeuchtigkeit abhalten soll (Abb. 7). Flügge verwirft sie aber, da sich in ihnen leicht Kondenswasser bildet, v. Esmarch empfiehlt dagegen Anschluß der Luftschicht an ein Rauchrohr oder besser an einen besonderen Ventilationskanal. Letztere Maßregel könnte jenen Uebelstand wohl beseitigen, ist aber umständlich, mit besonderen Kosten verbunden und wohl auch nicht in jedem Fall auszuführen.

Eine Abdichtung des Fundamentes durch eine Schicht von Asphalt

1) Unter Asphalt (Goudron) versteht man einen harzähnlichen, schwefelhaltigen Mineralkörper von bräunlich-schwarzer Farbe, der bei 100° C. schmilzt, bei geringeren Temperaturen aber schon erweicht. Asphalt ist wahrscheinlich durch Oxydation von Erdöl entstanden. Asphalt wird häufig mit Sand und Kalk gemischt. (Vorkommen: Trinidad, Newchâtel usw.)

und dergl. verhütet ferner das Eindringen der Bodenluft oder bei einem Rohrbruch außerhalb des Hauses das Eintreten von Leuchtgas in das Kellergeschoß.

In manchen Gegenden wird um das Fundament ein gut entwässerter Graben gezogen, der die seitliche Feuchtigkeit abzuhalten vermag und bei genügender Breite auch als Lichtschacht für die Kellerräume dienen kann (Abb. 8).

Zum Aufmauern des Fundaments wird bei einwandfreiem Baugrund der letztere entsprechend ausgeschachtet. Zur Herstellung gemauerter Fundamente werden in den unteren Schichten möglichst große und harte Steine von tunlichster Regelmäßigkeit verwendet, um den Druck des ganzen Gebäudes auszuhalten bezw. ihn in zweckmäßiger, genügend Sicherheit bietender Weise auf den Untergrund zu übertragen.

Wird das Fundament im Trockenen hergestellt und hat es nur eine geringere Dicke, so kann zur Verbindung der Steine Luftmörtel benutzt werden, der später porös wird und in besonderem Grade der „natürlichen" Ventilation der Gebäude dient. Der Luftmörtel besteht aus 1 Teil Kalkbrei (Kalziumhydroxyd) auf 2—4 Teile Sand und erhärtet durch Wasserverdunstung und Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft (Bildung von kohlensaurem Kalk). Es ist aber zu berücksichtigen, daß bei einem dicken und tiefen Mauerwerk der Luftmörtel im Innern nicht immer genügend hart wird, wodurch die Festigkeit des Fundaments gefährdet erscheinen kann.

In diesen Fällen und bei Aufführungen der Grundmauern in feuchtem Boden wird hydraulischer oder schnell erhärtender Zementmörtel angewendet, der durch Mischung von Kalk mit Ton, Traß (vulkanischer Tuffstein aus dem Brohltal bei Andernach), Ziegelmehl, Zement[1]) oder dergleichen in bestimmtem Verhältnis hergestellt wird. Bei der Vermischung des Kalks, z. B. mit Ton entsteht ebenfalls durch CO_2-Aufnahme kohlensaurer Kalk und Silikate der Tonerde. Außerdem werden für besondere Fälle noch Milchkalk-, Gips- und Asbestabfallmörtel empfohlen.

Fundierungen auf Rosten (Pfahl- oder Schwellroste), wie sie bei schlechtem z. B. moorigem Untergrund notwendig werden, dürften für militärische Bauten nicht in Betracht kommen.

5. Unterkellerung.

Nach der Garnisongebäudeordnung (§ 6, 3) erhalten gewölbte Kellergeschosse eine Höhe von 3—3,1 m zwischen den Fußböden, Balkenkeller oder Keller mit wagerechten massiven Decken eine solche von 2,7 m; dagegen kann für Kellerräume, die nur zu Aufbewahrungszwecken dienen, die Geschoßhöhe bis auf 2,4 m eingeschränkt werden.

Für Lazarettbauten werden Keller immer notwendig sein, um die verschiedenartigen Aufbewahrungsräume für die Vorräte usw. zu schaffen, in älteren Kasernen sind die Kantinen und Küchen hier und da in dem Kellergeschoß untergebracht.

1) Der bekannte Portlandzement wird durch Glühen von etwa 75 pCt. Kalk mit etwa 25 pCt. Ton erhalten.

Für diese Zwecke — die Küchen vielleicht aus einem gleich zu besprechenden Grunde ausgenommen — sind die Kellergeschosse besonders geeignet, da die Temperaturverhältnisse mittleren Grades im Sommer wie im Winter etwa dieselben sind, d. h. von der Außentemperatur ziemlich unbeeinflußt bleiben. Die Temperatur liegt gewöhnlich zwischen 8 und 12° C. Die Temperatur wird um so konstanter bleiben, je dicker die Umfassungsmauern und Isolierschichten und je kleiner und geringer an Zahl die Lichtöffnungen sind. Diese Forderungen bestehen aber nur für Kellerräume zu recht, die Aufbewahrungszwecken dienen.

Ganz andere hygienische Ansprüche muß man an Kellerwohnungen stellen, die unter militärischen Verhältnissen aber verhältnismäßig selten anzutreffen sind.

Kellerwohnungen sind nach manchen Bauordnungen verboten, nach anderen unter gewissen Bedingungen erlaubt. Diese Erlaubnis wird u. a. von dem nötigen Luftraum, völliger Trockenheit, ausreichender Belichtung und Luftzuführung durch möglichst hohe Fenster, der Himmelsrichtung und der Höhe des gegenüberliegenden Hauses abhängig zu machen sein.

Was die Trockenheit eines Kellers anbelangt, so kann man durch zweckmäßige Isolierung des Mauerwerks (s. S. 29) die Bodenfeuchtigkeit abhalten; trotzdem wird eine nicht besonders günstig gelegene Kellerwohnung stets eine hohe relative Feuchtigkeit, unter Umständen nach Erreichung des Sättigungsmaximums tropfbare Feuchtigkeit aufweisen können, da die Kellerwände meist eine niedrige Temperatur aufweisen, sodaß an ihnen die Feuchtigkeit der von außen eintretenden wärmeren Luft oder die durch die menschliche Atmung, Beleuchtung oder den Haushalt usw. mit Wasserdampf reichlich versehene Innenluft kondensiert. Am stärksten muß diese Kondensation sein, wenn Küchen oder Baderäume mit ihrer starken Wasserdampfentwicklung im Kellergeschoß untergebracht werden. Ist eine derartige Anlage nicht zu umgehen, so sollte man sie wenigstens nie nach der Nordseite legen und sie ausreichend ventilieren. Nur durch elektrisch getriebene Ventilatoren, die aber in Kellerwohnungen wohl selten anzutreffen sind, ließen sich diese Uebelstände einigermaßen beseitigen; gegebenenfalls käme man auch mit genügend dimensionierten Aspirationsluftschloten bei dem guten Auftrieb zwischen Keller und Dach aus. Die Art der Frischluftzuführung wäre hierbei besonders zu beachten.

Die Belichtung und Belüftung läßt sich einigermaßen befriedigend schon dadurch durchführen, daß man die Kellerfenster möglichst hoch bis zur Decke des Raumes und den Fußboden nicht zu

tief unter Terrain — 0,5 bis höchstens 1 m — legt. Viel kann auch durch den bereits auf S. 30 erwähnten Lichtgraben genutzt werden.

Keller, die nach engen Höfen gehen, sind als Wohnräume ungeeignet.

Es empfiehlt sich aus Gründen der Wärmeökonomie das Erdgeschoß zu unterkellern, da die Luft der schlechteste Wärmeleiter ist und die in den Kellerräumen „stehende" Luft eine gute, wenn auch nicht immer ausreichende Isolierschicht gegen Bodenkälte bedeutet.

Deshalb werden auch militärische Unterkunftsgebäude, die nur für einen vorübergehenden Aufenthalt von Militärpersonen dienen, wie Baracken, auf Steinsockel gedielt, nicht nur um die Bodenfeuchtigkeit abzuhalten sondern auch in der kalten Jahreszeit erforderlichenfalls verschlossen zu werden und durch die abgeschlossene Luft die Bodenkälte von dem Barackenfußboden fernzuhalten (siehe Band III, Abschnitt „Militärische Unterkünfte", Baracken).

6. Außen- und Innenwände.

Bei dem Neubau militärischer Gebäude ist in der Regel nach der Garnisongebäudeordnung (§ 5, 1) ein einfacher Massivbau zu wählen, jedoch ist auch eine leichtere Bauart zulässig, sofern baupolizeiliche Bestimmungen in dem jeweiligen Standorte nicht entgegenstehen, oder wenn es sich um Gebäude für eine nur vorübergehende Unterkunft von Militärpersonen (Baracken) handelt, oder wenn die für den Massivbau erforderlichen Geldmittel oder ausreichende Bauzeit nicht gewährt werden können.

Ueber die Außenwände der militärischen Gebäude zur vorübergehenden Unterkunft werden im Band III in dem Abschnitt über „Militärische Unterkünfte" die erforderlichen Angaben gemacht, hier soll es sich nur um die hygienische Betrachtung der Bauten für die dauernde Unterkunft handeln.

Außenwände.

Die Außenwände der massiven Bauten nennt man Mauern und man unterscheidet:

1. Mauerwerk aus natürlichen Steinen (Bruchstein, Quader, Haustein).
2. Mauerwerk aus gebrannten und ungebrannten künstlichen Steinen (Backsteine, Lehm- oder Luftziegel — ungebrannt — Kalksandsteine, Schlackensteine u. a.).
3. Mauerwerk aus gemischten Materialien:
   a) Verblendmauerwerk, bei welchem die Verblendung aus natürlichen oder künstlichen Steinen bestehen kann, während zur Hintermauerung Steine geringerer Sorte verwendet werden;

b) Steinfachwerk[1]), bei welchem das Gerippe (Ecken, Fenster- und Türrahmen usw.) meist aus Hausteinen, die übrigen Wandflächen aus künstlichen Steinen bestehen.

4. Beton [Guß- oder Stampfmauerwerk[2])], dessen Festigkeit durch Einmauern von Schienen oder Eisendraht (Monierkonstruktion) bedeutend erhöht werden kann, sodaß man die Mauern in dünnerer Wandstärke als sonst üblich aufzuführen vermag.

Die hauptsächlichsten hygienischen Anforderungen, die man an ein massives Mauerwerk stellt, sind Festigkeit, Trockenheit, schlechte Wärme- und Schalleitung.

Die Festigkeit und damit in Zusammenhang stehend die Wetterbeständigkeit ist bei den natürlichen Steinen im allgemeinen als gegeben anzusehen; dagegen können Prüfungen (Belastungsproben) durch einen Bausachverständigen bei künstlichen Steinen wie Ziegelsteinen usw. gelegentlich notwendig erscheinen. Bei den Ziegel-(Back-)steinen hängt ihre Festigkeit nicht nur von ihrer Herstellung (Ziegelerde) sondern auch von dem Brenngrad ab; gut gebrannte Ziegel müssen beim Anschlagen mit Metall einen hellen Klang geben, dumpfklingende verwittern leicht.

Ziegelsteinmauern, wie die Massivmauern überhaupt, sollen bei fünf Stockwerken in der Ausdehnung des Parterre $2^1/_2$ Steine (Normalformat 25 cm lang, 12 cm breit) = 62 cm, im ersten und zweiten Stock 50, im dritten und vierten Stock 38 cm stark sein[3]).

a) Die Trockenheit der Mauern.

Für die gesundheitlichen Verhältnisse im Gebäude selbst ist die Trockenheit der Außenwände von ebenso großer Bedeutung wie das Fernhalten der Bodenfeuchtigkeit vom Kellergeschoß, was bereits auf S. 31 besprochen ist.

Die Mauertrockenheit kann ungenügend sein:

1. weil der Schlagregen auf der Wetterseite die Wände durchnäßt;

2. weil bei dem Bau hygroskopische Steine verwandt wurden, die wegen ihres Gehaltes an salpetersauren oder schwefelsauren Salzen ständig Wasser aus der Außen- und Innenluft anziehen; auch der Mörtel kann derartige Salze (auch Kaliumchlorid) enthalten und deswegen zu demselben Uebelstand Anlaß geben.

1) Nicht zu verwechseln mit Holzfachwerk, bei dem durch ein Holzgerüst Felder abgeteilt werden, die mit Steinen leichterer Art, wie Schwemm-Tuffstein ausgefüllt werden.

2) Beton ist in der Hauptsache ein Gemenge von Steinschlag, Kies oder Sand mit Zement oder Kalkbrei oder dergl., also ähnlich dem Mörtel; wie bei diesem gibt es verschiedene Arten, z. B. Luft- und hydraulischen Beton u. a.

3) Flügge (7) S. 304, Holzfachwerkbauten haben bis zum ersten Stockwerk nur 25, weiter oben $12^1/_2$ cm Wandstärke.

Ueber den Schutz gegen das Eindringen des Schlagregens sowie gegen die sich in den Räumen entwickelnde Feuchtigkeit, welche sich — sekundär — auf das Mauerwerk übertragen kann, und von der Möglichkeit ihrer Beseitigung ist im Kapitel „Feuchte Wohnungen" die Rede.

Im Interesse einer zweckmäßigen Wärmeregulierung und der Verhütung des leichten Eindringens störender Geräusche und mit Rücksicht auf die natürliche Ventilation müssen, wie oben besprochen, die Außenwände in gewissem Grade lufthaltig sein, weil sie hauptsächlich durch ihren Luftgehalt zu einem schlechten Wärme- und Schalleiter werden.

Durch diese Porosität des natürlichen und künstlichen Mauerwerks (mit Ausnahme der Betonmauern) ist es möglich, daß aufprallender Regen die Steine infolge ihres Wasseraufnahmevermögens durchfeuchtet, manchmal 30—40 cm tief, wodurch die Festigkeit der Steine im Laufe der Zeit nachlassen muß, und besonders Holzteile in den Wandungen von Holzkrankheiten befallen werden können. Da die Wandstärke in den oberen Stockwerken nicht immer 30—40 cm stark ist, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß derartige nach Westen gelegene Mauern zuweilen einen hohen Grad von Feuchtigkeit und Verdunstungskälte in den Räumen selbst erzeugen können. Diesen Gefahren sind militärische Gebäude verhältnismäßig mehr als andere ausgesetzt, da sie meist freistehen.

Wie verschieden die einzelnen Steinarten Wasser aufnehmen, wenn 1 Kubikdezimeter von ihnen in Wasser gelegt wird, zeigt folgende Tabelle der Wassermengen:

Gips	400—425 g
Zement	80—200 g
Ziegelstein	60—335 g
Kalkstein (weich) . .	140—325 g
Klinkerplatte . . .	20 g
Steingut	5—10 g
Schiefer	10—90 g
Sandstein	15 g
Eichenholz	45 g
Tannenholz . . .	50 g

b) Das Wärme- und Schallleitungsvermögen.

Aus ökonomischen und klimatischen Gründen soll das Mauerwerk ein schlechter Wärmeleiter sein, d. h. es soll im Winter die durch die Heizung erzeugte Raumwärme möglichst zurückhalten und

selbst als Wärmespeicher dienen, andererseits im Sommer die Räume vor der hohen Außentemperatur einigermaßen schützen, um auf diese Weise zu ermöglichen, daß der Mensch in seinen Wohnräumen durchschnittlich die ihm zuträglichste Innentemperatur von ca. 15° R. = ca. 19° C. hat.

Ein Körper leitet um so besser Wärme, je dichter er ist, je geringer seine spezifische Wärme ist, d. h. je weniger Wärmemengen nötig sind, um 1 kg oder 1 cbm des Stoffes um 1° Temperatur zu erhöhen.

Es beträgt die spezifische Wärme (bezogen auf 1 cbm):

Luft	0,3071
Wasser	10 000
Granit	600—850
Kalkstein	500—766
Ziegelstein . . .	265 – 575
Eichenholz	440
Fichtenholz . . .	280

Es ist aus der Tabelle leicht zu erkennen, daß die Luft, besonders die ruhende, abgeschlossene, der schlechteste Wärmeleiter ist, und daß alle lufthaltigen Stoffe je nach ihrem Luftgehalt (Porosität) um so schlechter die Wärme leiten.

So leiten massive Steine die Wärme besser, poröse Steine und Holz schlechter, wobei die Dicke der Wandung entsprechend zu berücksichtigen ist.

Was für die Wärme gilt, besteht im allgemeinen mit einigen Abweichungen auch für den Schall zu recht.

Um das schlechte Leitungsvermögen der porösen Steine durch Wasser als sehr guten Wärmeleiter nicht zu verringern, ergibt sich die einfache Forderung, daß man die Außenwände nach außen und innen vor dem Eindringen von Feuchtigkeit möglichst zu schützen sucht d. h. ihre Wasserdurchlässigkeit erschwert.

Hierdurch wird dem Mauerwerk sein Charakter als möglichst schlechter Wärmeleiter erhalten und gleichzeitig auch die Trockenheit der Wände besonders an der Wetterseite erzielt.

Den Bedenken, daß die natürliche Lüftung auf diese Weise unterdrückt würde, ist entgegenzuhalten, daß die natürliche Ventilation durch Fenster- und Türritze in Wirklichkeit einen viel leichteren Ein- und Ausgang findet als durch die meist noch mit Tapeten etc. verklebten oder angestrichenen Wände (siehe Ventilation, dieser Band, Absch. IV). Für alle Räume der militärischen kasernenmäßigen Unterkunft müssen ohnedies nach der Garnisongebäudeordnung (§ 5, 2) Vorkehrungen zur gehörigen Lüftung angebracht werden, die nach § 8, 2 den aus poli-

zeilichen und gesundheitlichen Rücksichten zu stellenden Anforderungen entsprechen müssen.

c) Brandmauern.

Brandmauern bei militärischen Gebäuden müssen den ortspolizeilichen Bestimmungen entsprechend aufgeführt werden[1]). An einer Brandmauer darf sich kein Holz- oder Fachwerk befinden; sie soll dem Feuer möglichst widerstehen und seiner Weiterverbreitung ein Ziel setzen, wofür sich in erster Linie Ziegelmauern empfehlen.

Die geringste zulässige Stärke ist:

	in Bruch-,	Backsteinen
bei einstöckigen Gebäuden	45 cm	25 cm
„ zweistöckigen „	50 „	38 „
„ mehrstöckigen „	60 „	51 „

jedoch nimmt die Stärke bei den höheren Stockwerken gewöhnlich etwas ab.

Die Brandmauer schließt ein Gebäude ohne Unterbrechung bis zum Dach ab, kann aber zwischen zwei Gebäuden gemeinschaftlich aufgeführt werden. Meist liegt die Brandmauer an der Wand, an der sich die Feuerungen, Küchenherde und dergl. befinden.

Innenwände.

Die Gründe, die für die besondere Stärke und Art der Außenmauern angeführt wurden, wie Wetterbeständigkeit und schlechte Wärmeleitung sind für die Innenwände, die meistens als Scheidewände einzelner zu einem Ganzen gehöriger Räume aufzufassen sind, nicht zutreffend. Eine Schädigung durch Schlagregen oder eine starke Beeinflussung der Raumtemperatur durch eine nennenswerte Temperaturdifferenz seitens der Außentemperatur ist bei den Innenwänden ziemlich ausgeschlossen bezw. spielt keine ausschlaggebende Rolle.

Aus ökonomischen Gründen müßte man deshalb für diesen Zweck dünne, aber ausreichend feste Innenwände herstellen, damit man zwischen den einzelnen — meist bewohnten — Räumen, wenn es beabsichtigt ist, bald einen Temperaturausgleich erreicht, bei Neubauten die Austrocknung der Räume schneller vor sich geht, und man auch an Platz gewinnt; andererseits darf die Schallübertragung nicht zu sehr erhöht werden. Diese Wände haben vielfach, besonders in modernen Wohnungen, nur $^1/_2$ Steinstärke, bestehen hier und da aus Kunststein oder Hohlziegelstein, Mörtel und Eisen (Monierkonstruktion), oder sie stellen eine Rabitzwand dar, die aus einem mit Gips, Kalk oder

1) G. G. § 6, 8.

Zement umhüllten Drahtgewebe besteht, oder sind aus Gipsdielen (Gips mit Rohreinlage) oder anderem aufgeführt. Für besondere militärische Verhältnisse (Kaserne, Lazarett) ist es wünschenswert, die Innenwände möglichst aus einem schlechten Schalleiter herzustellen, um die Uebertragung von Geräuschen zu vermeiden; für diese Zwecke käme das Bekleiden der Wände mit Korkabfallplatten und das Anbringen eines besonderen Luftraumes in der Trennungswand in Betracht; in ersterem Falle könnte aber die Feuergefährlichkeit erhöht werden, in letzterem kann sich in den Hohlräumen bei eintretenden Abkühlungen Kondenswasser ansammeln, das die Wand feucht und wegen der bei Verdunstung auftretenden Wärmebindung kalt erhält. Es empfiehlt sich deshalb nach Hüppe, den Zwischenraum mit feinem lockeren (ausgeglühten) Sand, Kieselgur oder Korkabfällen anzufüllen.

An die Oberfläche einer Innenwand hat man in gesundheitlichem Interesse folgende Anforderungen zu stellen:

1. Die Oberfläche soll möglicht glatt sein, um das Ansetzen von Staub zu verhüten und seine Entfernung zu erleichtern.

Die Innenwände sollen durch Verputz mit Kalkmörtel, so weit irgend angängig, glatt hergestellt, Kanten und Ecken unter Verwendung von Abschrägungen und Hohlkehlen abgerundet sein.

Aus Sparsamkeitsrücksichten wird man dies bei militärischen Bauten nicht überall durchführen können, in Krankenräumen ist es aber eine hygienische Forderung.

2. Eine Reinigung soll sich am besten auf feuchtem Wege ermöglichen lassen; letzteres ist besonders bei Vornahme einer Wanddesinfektion von Bedeutung.

3. Die Farbe soll hell sein und dem Zweck des Raumes entsprechen.

Nach der Garnisongebäudeordnung Beilage D kommt Kalk-, Leim-, Oelfarbenanstrich und Tapezierung für militärische Räume in Frage, in der F. S. O. Beil. 11 wird für Lazarette auch Lackfarbenanstrich angegeben.

Diejenigen Räume, welche aus besonderen, später zu erörternden Gründen Oelfarbenanstrich erhalten sollen, werden meist auch statt mit Kalkmörtel mit Zementmörtel verputzt, um die Wasserundurchlässigkeit tunlichst zu erhöhen.

Welche Art des Anstrichs für die einzelnen Räume in Betracht kommt, geht aus folgender Tabelle (S. 38) hervor:

Leim- und Kalkfarbenanstrich, an und für sich wohl am billigsten, bedürfen einer häufigeren Erneuerung. Hierüber lautet für militärische Bauten die Bestimmung folgendermaßen:

Wand-Deckenanstrich und Tapezierung in Garnisongebäuden.

(G. G. Beilage D. S. 152/153.)

Kalkfarbenanstrich	Tapezierung	Leimfarbenanstrich	Oelfarbenanstrich	Oelanstrich
Wand- und Deckenflächen der Wohn- und Aufenthaltsräume für Gemeine, der Schuhmacher- und Sattlerwerkstätten der Truppen in den Kasernen, der Flure und Treppenaufgänge sowie der Nebenräume der Familien- und Dienstwohnungen, soweit nicht nach Spalte 3 und 4 Leimfarbenanstrich bez. Oelfarbensockel zulässig ist. Dasselbe gilt von Wirtschafts- u. Uebungsräumen nach Bestimmung der Intendantur. In Ställen, Reitbahnen, Kühlställen bei innerem Rohbau nur, wenn zur genügenden Beleuchtung der Räume erforderlich. Wand- und Deckenflächen in den Botenzimmern der Gerichtsgebäude.	Wohn- und Schlafräume der Offiziere, Assistenzärzte, der oberen und unteren Beamten, der Feldwebel und Wachtmeister, der verheirateten Unteroffiziere; die Geschäfts-(Verhör-)Zimmer der Ober-Kriegs- u. Kriegsgerichtsräte, das Beratungszimmer des Richterkollegiums; die Offizier-Speiseanstalten einschl. der Wirtschaftswohnungen; die Geschäftszimmer, Einzelquartiere für Unteroffiziere, Unteroffiz.-Versammlungszimmer und sonstige von d. Benutzung durch Gemeine ausgeschlossene Räume.	Die Wandflächen aller Räume, für welche auch Tapezierung zuständig ist, die Wandflächen über dem Oelfarbensockel in den Vorfluren, Fluren und Treppenaufgängen der Offizierspeiseanstalten und der Dienstwohnungen für obere Beamte, die Wände der Bekleidungskammern und der Schneiderwerkstätten der Truppen in den Kasernen (ausschließlich der Stuben für Flickhandwerker); die Zeugenzimmer, die Geschäftszimmer für Militärgerichtsschreiber, die Flure und Treppenhäuser sowie die Sitzungssäle — diese auch mit Wachsfarbe — in den Gerichtsgebäuden; ferner die Decken in denjenigen Räumen, deren Wände mit Leimfarbe gestrichen oder tapeziert werden.	Alle besonders zu schützenden Wand- u. Deckenflächen, z. B. in Revier-Krankenstuben, Badeanstalten, Koch- und Waschküchen nach Bestimmung der Intendantur, sowie in den Sitzungssälen u. Zeugenzimmern der Gerichtsgebäude die zwisch. Stuhl- und Fußleisten liegenden Wandflächen. Flure, Treppenaufgänge, Küchen, Aborte und Vorflure in den Familienwohnungen, etwa 1,5 m hoher Sockel; Kleiderablagen in den Offizier-Speiseanstalten, etwa 2,0 m hoher Sockel, Wachstuben wände in erforderlicher Höhe. Wand- u. Deckenflächen der Krankenställe.	Alle Holzteile in den Reitbahnen, in der Regel ausschließl. der Banden. Letztere dagegen stets bei Fachwerk- u. Bretterbau der Reitbahnen.

„Wie lange der Kalkfarbenanstrich vorhalten soll, wird in erster Linie durch gesundheitliche Rücksichten bestimmt. Ist mit letzteren unter günstigen Verhältnissen eine Dauer von 3 Jahren auch vereinbar, so sind die Intendanturen doch stets befugt, eine frühere Erneuerung anzuordnen, falls die Notwendigkeit der Beseitigung aufgetretener Krankheitskeime zu besonders gründlicher Reinhaltung der Kasernenräume zwingt."

Bei einer notwendig werdenden Desinfektion kann man den alten Kalkanstrich mit frischer Kalkmilch übertünchen, zu der man zweckmäßig nach v. Esmarch einen Zusatz von grüner Seife (1 Eßlöffel auf 5 Liter Kalkmilch) gibt, wodurch der Anstrich besser haftet.

Die Haltbarkeit des Leimfarbenanstrichs ist etwas größer, als die des Kalkanstrichs. Bei einer Desinfektion verwendet man ein flüssiges Desinfiziens, nach dessen Entfernung mit reinem Wasser ein Neuanstrich erfolgt.

Oelfarbenanstrich erhalten alle Wand- und Deckenflächen, welche besonders geschützt werden müssen, also z. B. in Revierkrankenstuben, Badeanstalten, Koch- und Waschküchen[1]). Für andere Räumlichkeiten, wie Flure, Treppenaufgänge, sowie Küchen, Aborte und Vorflure in den Familienwohnungen (s. Band III, „Militärische Unterkünfte") genügt nach der Garnisongebäudeordnung ein 1,5 m hoher Oelfarbenanstrich. Ferner kommt er in der Garderobe der Offizierspeiseanstalten — 2 m hoch — und in den militärischen Wachstuben besonders da in Frage, wo eine Beschmutzung der Wände bei Benutzung der Pritschen und Bänke zu erwarten ist.

Ein Oelfarbenanstrich darf erst vorgenommen werden, wenn die Wände gut ausgetrocknet sind, da er eine spätere Wasserverdunstung der Wände stark erschwert; in solchen Fällen ist ein vorläufiger Kalkfarbenanstrich am Platze.

Der Oelfarbenanstrich hat in militärischen Gebäuden eine durchschnittliche Dauer von 6 Jahren. Da der Oelfarbenanstrich schwer wasserdurchlässig ist, kann eine Desinfektion mit flüssigen Desinfektionsmitteln leicht ausgeführt werden.

Näheres hierüber sowie über die „desinfizierenden Wandanstriche" selbst siehe Band IV, Kapitel „Desinfektion".

Bei dem Tapezieren der Innenwände ist ebenso — vielleicht noch mehr wie bei dem Oelfarbenanstrich — bis zu dem völligen Austrocknen der Wände zu warten; soll der Raum bewohnbar gemacht werden, so ist vorläufiger Leim- oder Kalkfarbenanstrich zu wählen. Die

1) In chemischen Laboratorien sind wegen des Auftretens von Schwefelwasserstoff möglichst bleiarme Oelfarben zu verwenden, da sich andernfalls Flecken von schwärzlichem Schwefelblei bilden; dasselbe wird auch für Lazarette gefordert (F. S. O. Beil. 11).

Tapezierung muß in den militärischen Gebäuden, für die sie nach obiger Tabelle überhaupt in Frage kommt, in der Regel 9 Jahre halten.

Wegen der Tapetendesinfektion siehe Band IV, Kapitel „Desinfektion".

7. Zwischenböden.

Für militärische Bauten empfiehlt es sich nach der G.G., die Decken in den Mannschaftsgebäuden massiv (Eisenkonstruktion mit Beton- oder Steindecken) herzustellen und den Fußbodenbelag unmittelbar darauf ohne Hohlraum zu verlegen (Abb. 9A nach Nussbaum). Das Legen eines Zwischenbodens d. h. eines besonderen Raumes zwischen Decke und nachfolgendem Fußboden ist seitens der Militärbauverwaltung, wenn er auch hygienische Uebelstände aufweisen kann, wohl gestattet, je nach den vorliegenden örtlichen Verhältnissen. Der auf obige Weise entstehende Zwischenraum wird durch zwischenlaufende Balken abgeteilt und die vielfachen Hohlräume mit möglichst porösem, schwer entflammbarem, nicht zu schwerem Material gefüllt (Abb. 10 nach Nussbaum).

An diese Zwischen- oder Fußbodenfüllung sind in erster Linie die hygienischen Forderungen zu stellen, daß sie:

1. frei ist von fäulnisfähiger, organischer Substanz und besonders keine Infektionserreger enthält,
2. aus schlechten Wärme- und Schalleitern besteht.

Früher wurde häufiger als jetzt zur Füllung stark verschmutztes Material verwendet, das auch noch während der Bauausführung von den Arbeitern auf verschiedene Weise durch menschliche Abgänge verunreinigt wurde.

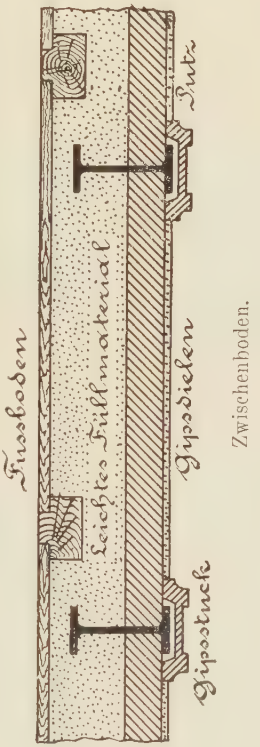
Daß hierbei nach dem definitiven Verschluß des Zwischenbodens durch den Fußboden unter dem Einfluß aërober und anaërober Bakterien leicht länger andauernde Fäulnisvorgänge besonders bei höherem Feuchtigkeitsgehalt, anderenfalls Vermoderungsprozesse möglich waren, wodurch unangenehme Gerüche sich der Zimmerluft beimengten und auch das Holzgerüst in seiner Festigkeit bedroht werden konnte, ist nicht zu bestreiten.

Deshalb erfolgt heutzutage das Ausfüllen des Zwischenbodens meist nur mit fäulnisunfähigem Material; so darf bei Militärlazaretten nach F. S. O. Beil. 11 § 21, 1 nur ausgeglühter Sand für diesen Zweck Verwendung finden; derselbe ist allerdings schwer und erfordert nach von Esmarch stärkere Deckenkonstruktion (1 cbm = 1400 bis 1900 kg). Nach der G. G. § 7, 2 dürfen „zur Ausfüllung der Balkenfache und dergl. Stoffe, welche organische Bestandteile oder Verun-

reinigungen vermuten lassen, namentlich Bauschutt, nicht verwendet werden". Hier dürfte bei jeder „Vermutung" die Anordnung einer chemischen Untersuchung des Materials auf organische Substanzen am Platze sein.

Abbildung 9.

Abbildung 10.



An anderem Material zur Zwischendeckenfüllung wäre zu nennen reine, ausgeglühte Asche, Kalktorf — leicht 1 cbm = 150 bis 220 kg aber hygroskopisch, deshalb durch Asphaltpappe gegen Fußbodenfeuchtigkeit zu isolieren — Kieselgure (Infusorien-Diatomeen-Erde),

Korksteine u. a. Diese Substanzen leiten auch in völlig befriedigender Weise sowohl Schall als auch Wärme schlecht.

Zu verwerfen sind, da sie stets fäulnisfähige, organische Substanzen enthalten, Bauschutt alter Häuser, Lehm, der meist Stroh, Häcksel und dergl. enthält, Müll u. a.

Aber auch der mit völlig einwandfreiem Material ausgefüllte Zwischenboden ist später nur zu häufig Verunreinigungen ausgesetzt, da noch in sehr vielen Fällen der darüberliegende Fußboden das Eindringen von Scheuerwasser und Staub nicht genügend sicher verhindert.

8. Fußboden.

Nach dem im vorhergehenden Abschnitt Gesagten muß ein hygienischer Fußboden so angelegt sein, daß er ein Eindringen von flüssigen oder auch trockenen Verunreinigungen in den Zwischenboden verhindert, d. h. er muß eine für Wasser und Staub undurchlässige Oberfläche haben, die ferner selbst so beschaffen sein muß, daß jederzeit eine sichere, gründliche Reinigung auf feuchtem und trockenem Wege erfolgen kann.

Der ersten Bedingung entsprechen in den militärischen Gebäuden am zuverlässigsten die Fußböden in den Mannschaftsgebäuden, die unmittelbar auf den massiven Decken ohne Hohlraum verlegt sind, während meist in den Lazaretten der schlechteren Schallübertragung wegen unter den Fußbodenbelägen sich ausgefüllte Zwischendecken befinden.

Besondere Sorgfalt ist nach der G. G. § 7, 2 auf eine völlig wasserdichte Herstellung der Fußbodenflächen unter und vor den Waschtischen der Mannschaften zu verwenden, da der Fußboden, besonders wenn er ein Dielenfußboden ist, verspritztes Waschwasser in sich aufnehmen kann.

In den Wasch- und Baderäumen, manchmal auch in den Aborträumen, die mit Wasserspülung versehen sind, verlangt die G. G. (§ 14, 3) wasserdichten hellen Plattenbelag. Ueber die Fußböden in Kellerräumlichkeiten siehe Fundament, S. 28.

Nach diesen Bestimmungen kann man eine Verunreinigung der Fußbodenunterlage in militärischen Gebäuden im allgemeinen wohl als ziemlich ausgeschlossen ansehen. Anders verhält es sich noch in vielen Privatbauten, die aber gelegentlich zur Unterkunft von Militärpersonen dienen wie bei ermieteten Geschäftszimmern, Lazaretten usw. und die meist auf Zwischenböden ruhende Holzfußböden haben. Bei den militärischen Baracken liegen die Verhältnisse ähnlich, doch dienen sie meist nur für vorübergehende Unterkunft und ihr Fuß- und

Zwischenboden kann leicht erneuert werden. Näheres Band III, militärische Unterkünfte, Abschnitt Baracken. Man hat also 2 Arten von Fußböden zu unterscheiden:

a) Holzfußböden,

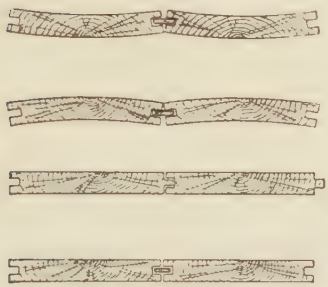
b) massive Fußböden (Estriche).

Bei den Holzfußböden muß man folgende Arten unterscheiden:

a) Einfache Holzdielenfußböden.

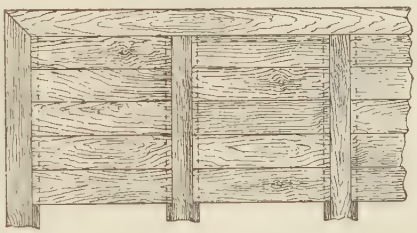
Diese bestehen meist aus verschieden langen, 15 cm breiten, aufgenagelten Brettern aus Fichten- oder Tannen- seltener aus Eichen- oder Buchenholz: bei ihnen bilden sich sehr bald durch das übliche Nachtrocknen

Abbildung 11.



Schlechte und gute Dielenfußböden.

Abbildung 12.

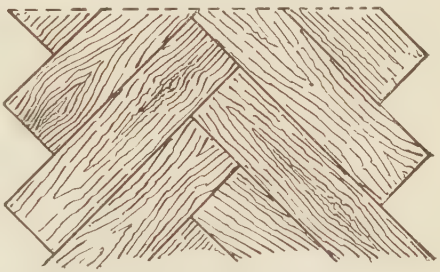


Riemenfußboden auf Rahmenhölzer.

Abbildung 13.

Querschnitt von Abbildung 12.

Abbildung 14.



Riemenfußboden in Fischgratmuster.

Nach Nussbaum.

(Schwinden) der Dielen breitere Fugen, durch die große Mengen von Schmutz und beim Scheuern von Schmutzwasser eindringen können (Abb. 11).

Nußbaum wendet sich energisch gegen diese immer noch verhältnismäßig weit verbreitete Art von Fußböden, da sie sich nie fugenlos ausbilden lassen, und auch ihre Wandanschlüsse meist nicht ausreichend genug gedichtet sind.

Durch besondere Sorgfalt und nach besonderer Methode — Aufschrauben der Bretter, um sie nötigenfalls leichter auswechseln zu können usw. — lassen sich auch die Dielenfußböden wohl in ausreichender Weise fugenlos herstellen, indem man erforderlichenfalls vorhandene Ritze mit Holzleisten und Kitt ausfüllt, gewöhnlich aber verzichtet man hierauf oder hilft sich in besseren Wohnhäusern mit einem Linoleumbelag (S. 47).

Ein Dielenfußboden aus Kiefern- oder Tannenholz wird ferner leicht abgenutzt.

b) Stab- (Eichenriemen- oder Parkett-) Fußboden.

Dieser Fußboden setzt sich aus kurzen, bis 1 m langen und 10 cm breiten, Brettern (Stäben) zusammen, die in Rahmen (Abb. 12 und 13) oder nach besonderem Muster (Fischgratmuster, Abb. 14) zusammengefügt und auf besonderen Lagerhölzern oder auf einfachem Verblendfußboden verlegt sind und aus Hartholz [Eichenholz oder Holz des amerikanischen Zuckerahorns[1])] bestehen. Meist wird der Parkettfußboden erst gelegt, nachdem das Haus schon einige Zeit bewohnt und völlig ausgetrocknet ist. Man benutzt dann einen vorläufigen Dielenfußboden, der als Verblendfußboden später als Unterlage für den Stabfußboden dienen kann. Andernfalls können sich auch bei dem Parkett größere Fugen bilden.

Im allgemeinen aber hat ein gut gelegter und zweckmäßig behandelter Stabfußboden eine nahezu fugenlose Oberfläche. Die etwa auftretenden, geringfügigen Fugen können leicht gespundet oder mit Wachs verstrichen werden. Wegen der Fußbodenart in militärischen Räumen siehe Band III.

Die gewöhnlichen Fußböden werden, nachdem sie völlig trocken sind, im Interesse der Haltbarkeit und für Schutz gegen das Eindringen von Wasser am besten mit Leinölfirnis gestrichen, wenn sie nicht, wie in allen stark benutzten Räumen nach G. G. Beilage D. II. 1 überhaupt ohne Anstrich bleiben:

Einen Oelfarbenanstrich erhalten in militärischen Gebäuden nur diejenigen Fußböden, welche der Abnutzung weniger ausgesetzt sind, wenn hierdurch eine Sicherung der Dielen wirtschaftlich vorteilhaft ist und sie gegen das Eindringen von Nässe durch Verkitten der Fugen besonders gesichert werden müssen, die also auf Zwischenböden verlegt sind.

Die aus Hartholz (Eiche oder Buche) hergestellten Dielungen können in allen stark benutzten Räumen unmittelbar nach dem Verlegen einen ein- bis zweimaligen Anstrich mit heißem Leinöl erhalten: in den weniger stark benutzten Räumen ist ein dreimaliger Anstrich unter Verwendung von heißem Leinöl, dem beim letzten Anstrich etwas Farbe beigemengt werden kann, auszuführen.

1) v. Esmarch (12), S. 72.

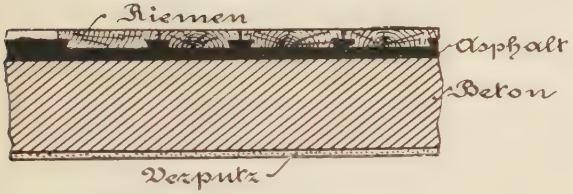
Ein Lackanstrich der geölten oder mit Oelfarbe gestrichenen Fußböden ist nur in wenigen Fällen statthaft, z. B. wo gesundheitliche Rücksichten es erheischen, um eine gründliche Reinigung des Fußbodens leicht vornehmen zu können.

Parkett- und Stabfußböden werden im allgemeinen nur zum ersten Mal nach der Legung im Neubau auf Staatskosten gewachst und gebohnt, später ist es Sache der Wohnungsinhaber dafür zu sorgen.

Da der Oelfarbenanstrich das Austrocknen der Dielungen verhindert, so empfiehlt es sich, erst nach Austrocknung der Fußböden erforderlichenfalls unter Beheizung der betreffenden Räume während eines ganzen Winters, den Farbenanstrich auszuführen und bis dahin den Oelanstrich stehen zu lassen. Die Erneuerung des Oelanstrichs erfolgt, insofern ein Wachsen und Bohnen nicht stattfindet, in gleicher Weise und in den gleichen Fristen, wie die des Oelfarbenanstriches der Wände (S. 39). Jeder neue Anstrich bedarf der Schonung bis zur vollständigen Erhärtung.

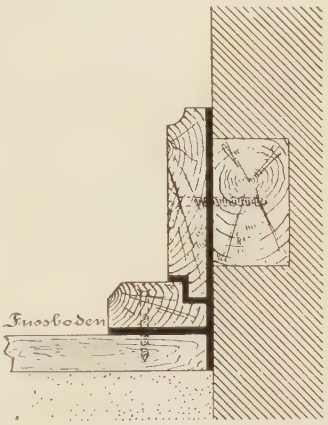
Um die Undurchlässigkeit der Holzfußböden für Flüssigkeiten zu erhöhen und eine Verschmutzung des Zwischenbodens nach Möglich-

Abbildung 15.



Riemenfußboden in Asphalt verlegt.

Abbildung 16.



Dichtung der Fußböden an den Wandanschlüssen.

Nach Nußbaum.

keit zu verhüten, kann man unter den Holzfußböden eine Schicht von Asphaltpappe oder die Riemenfußböden unmittelbar in Asphalt verlegen (Abb. 15). Besonderer Wert ist schließlich auf eine gründliche Dichtung des Fußbodens an den Wandanschlüssen zu legen (Abb. 16).

Neben den Holzfußböden, die eine größere Feuersgefahr bieten, deren Reinhaltung vor dem Eindringen von Staub und dergl. und damit von saprophytischen und gelegentlich auch pathogenen Keimen[1]) erschwert und deren Haltbarkeit eine begrenzte ist, werden neuerdings häufig, auch in Krankenhäusern, massive Fußböden, Estriche verlegt, die besonders für Flure, Treppen, Exerzierhäuser, Ställe, Bade- und Wirtschaftsräume usw. in betracht kommen.

1) z. B. Tuberkel- und Diphtheriebazillen.

Die Estriche werden aus verschiedenen erdigen oder steinartigen Stoffen gebildet, welche als eine breiartige Masse auf die Unterlage aufgetragen, glattgestrichen oder gestampft werden und allmählich erhärten. Die Herstellung hat sachgemäß und sorgfältig zu erfolgen, damit nicht Risse auftreten.

Dann entsteht eine dichte, fugenlose, wenn auch hygienisch nicht völlig einwandfreie Fläche, die durch Schleifen und Polieren völlig glatt hergestellt werden kann; die Dicke wechselt je nach Art der Inanspruchnahme zwischen 7 und 30 cm.

Man unterscheidet:

Lehm-Estrich,
Gips-Estrich,
Kalk- und Zement-Estrich, rein oder mit Steinstücken versetzt (Terrazzo, Mosaik),
Asphalt-Estrich.

Außerdem gibt es eine große Zahl verschiedenartiger Präparate, die in der Hauptsache aus Zement und anderen Mineralien (Chlormagnesium) unter Beimengung von Asbest, Holz- und Korkabfällen bestehen (Xylolith, Doloment, Torgament, Miroment u. a.). Wird den Fußbodenplatten Kork in größerer Menge beigemischt, so läßt auf die Dauer die Haltbarkeit bei stärkerer Inanspruchnahme zu wünschen übrig.

Ueber die Haltbarkeit der verschiedenen Fußbodenarten herrschen zum Teil noch recht divergierende Ansichten. Die in den verschiedenen Materialprüfungsämtern und verwandten Anstalten erzielten Resultate verdienen daher fortdauernd Beachtung. Nach den Untersuchungen des Materialprüfungsamtes in Berlin ist die durch Abschleifversuche festgestellte Abnutzung der verschiedenen Materialien die folgende:

Linoleum . . .	1,8	Basalt	6,0
Tonplatten . . .	3,7	Pitchpine . . .	6,9
Ahorn	3,75	Xylolith	7,6
Buche	3,95	Kiefer, preuß. . .	12,2
Redpine	5,1	Marmor	23,3
Eiche	5,6		

Versuche in Philadelphia haben ergeben, daß die am wenigsten abschleifbaren Materialien sind:

India rubber tiling (Hämoniplatten)	0,4
Scharfgebrannte Fliesen	5,0
Granolith (ein Kunststein) . . .	10,0
White und Yellow pine	11,0

(Eichenholz gab schlechtere Resultate als Yellow pine.)

Dem Estrich haftet aber ein hygienischer Nachteil an. Das Wärme- und Schalleitungsvermögen ist größer, als bei Holzfußböden, da sein Luftgehalt ein sehr geringer ist.

Um diese beiden dem Estrich anhaftenden Uebelstände einigermaßen zu beseitigen, belegt man ihn gern mit Linoleum; dieses wird teilweise aus demselben Grunde auch bei Holzfußböden verwandt, wo es besonders bei dem meist Risse und Fugen zeigenden

Dielenfußboden aus Kiefernholz dazu dient, eine fugenlose, glatte und deshalb leicht zu reinigende Oberfläche zu schaffen.

Das Linoleum[1]).

Das Linoleum, das aus Leinöl (Linoxyn), Harzen und Korkmehl besteht und unter starkem Druck auf Jute aufgewalzt wird, findet seiner allgemeinen hygienischen Vorzüge wegen vielseitige Anwendung.

Auch in dem militärischen Haushalt wird von Linoleum häufiger Gebrauch gemacht, besonders in den Lazaretten. Es dürfte deshalb angebracht sein, die Gesichtspunkte, die für die Verwendung von Linoleum unter militärischen Verhältnissen maßgebend sind, genauer zur Darstellung zu bringen.

Es ist die Möglichkeit einer vorteilhaften Verwendung dieser Linoleumbeläge eine so vielseitige, daß nähere Bestimmungen über ihre Zuständigkeit für die einzelnen Gruppen von Räumen nicht erlassen sind. Es bleibt vielmehr den Aufsichtsbehörden vorbehalten, in militär-fiskalischen Räumen aller Art die Verwendung von Linoleum, sofern die nötigen Geldmittel zur Verfügung stehen, dort zu genehmigen, wo sie neben ihren Vorzügen in gesundheitlicher oder sonstiger Beziehung für den Einzelfall gegenüber anderen Fußbodenarten auch wirtschaftlich — mit Rücksicht auf die voraussichtliche Dauer und die Unterhaltungskosten — hinreichend begründet ist.

Bei der Herstellung des Linoleumbelags ist folgendes zu beachten:

1. Die Verlegung des Linoleums darf nur fachkundigen Unternehmern übertragen werden.

2. Nur bestes und abgelagertes, nach dem Waltonschen Verfahren hergestelltes Linoleum darf verwendet werden. Die Stärke ist im allgemeinen nicht unter 3,6 mm zu wählen.

3. Die Unterlage für den Linoleumbelag muß völlig trocken, widerstandsfähig, eben und möglichst fugenlos und unbeweglich sein. Namentlich ist zu beachten, daß Linoleum nur verwendet werden darf, wenn die völlige Trockenheit der Unterlage gewährleistet ist. Auf neuem Holzfußboden darf daher, auch der Schwammgefahr wegen, Linoleum nicht verlegt werden, ferner nicht auf Fußböden, die reichlicher Nässe ausgesetzt sind und zugleich einer starken Benutzung unterliegen — so in Anrichten, vor Ausgüssen und Speiseaufzügen. Wird Linoleum auf Beton verlegt, so ist dieser mit einem 2—3 cm starken Zementestrich (Mischung 1 : 3) zu versehen und so frühzeitig auszuführen, daß zum Trocknen im Sommer etwa 2, im Winter etwa 3 Monate zur Verfügung stehen. Nur wenn in Ausnahmefällen von der Herstellung des Zementestrichs wegen der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit abgesehen werden muß, ist Gipsestrich auszuführen. Der Unternehmer muß in diesem Falle nachweisen, daß dieser nur aus frischgebranntem Material von der Güte der besten Harzer Gipse gefertigt ist.

4. In altem Holzfußboden sind vor der Verlegung des Linoleums vorstehende Aeste sorgfältig abzuhobeln, sowie vorstehende Nägel zu versenken, und alle Unebenheiten durch Ausgleichmassen — Nivellin oder eine Mischung von Gips, Kreide und Leim — völlig einzuebnen. Die Linoleumbahnen sind senkrecht zur Richtung der Dielen zu verlegen.

5. Der zum Aufkleben des Linoleums auf die massive Unterlage zu verwendende Klebestoff besteht aus Harzen und Kopalen in 95proz. Spiritus gelöst, als „Linoleumkitt“ bekannt. Auch bei Verlegung auf alter Dielung ist das Linoleum in ganzer Fläche aufzukleben und zwar mit Roggenmehl.

1) Wegen der staubbindenden Fußbodenöle siehe Band III, Militärische Unterkünfte, Kapitel „Militärische Bildungsanstalten“.

6. Der Wandanschluß des Linoleums muß recht dicht hergestellt werden, damit Nässe von der Unterlage ferngehalten wird. Zu diesem Zweck muß entweder das Linoleum bis unter die Scheuerleisten verlegt, oder eine kleine Vorleiste zur Deckung der Fuge zwischen Scheuerleiste und Linoleum angebracht werden. In Garnisonlazaretten können schließlich zu diesem Behuf auch ausgerundete, fest aufliegende Aufkantungen des Linoleums etwa 6 cm hoch ausgeführt werden, die einen oberen Abschluß durch eiserne halbrunde, auf Hartholzdübel befestigte Schienen erhalten.

7. Auf Treppenstufen und Türschwellen sind die Vorderkanten des Linoleumbelags durch schmale Metallschienen zu schützen. Das Linoleum wird in ganzer Fläche auf Steinstufen mit Linoleumkitt, auf Holzstufen mit Roggenmehl aufgeklebt. Zur Ausgleichung alter ausgetretener Steinstufen ist Nivellin zu verwenden, bei hölzernen Stufen werden etwa 6 cm breite Holzplatten an der Vorderkante schwalbenschwanzartig eingelassen und verschraubt. Im Anschluß an diese Platten erfolgt die Ausgleichung wie beim Flächenbelag.

8. Die Füße schwerer Gegenstände (Gerüste, Bettstellen, Schränke) sind durch Unterlegen von Linoleum- oder Metall-, Glas- usw. Plättchen zu verbreitern, um Eindrücke in dem Belage zu verhindern.

9. Für die gewöhnliche Reinigung der Linoleumfußböden genügt ein Aufnehmen mit kaltem oder lauwarmem, mit etwas Seife versetztem Wasser, jedoch nicht in größerer Menge, als für diesen Zweck erforderlich ist. Von der Benutzung des Raumes und dem Bedürfnis, das gute Aussehen des Belages zu erhalten, hängt es ab, wie oft der Belag außerdem mit einer geeigneten Bohnermasse oder mit Linoleumöl durch Verreiben mittels Scheuerlappen zu behandeln ist.

Zusammenstellung der mit den Fußbodenbelägen aus Linoleum gemachten Erfahrungen.

1. Linoleumbelag hat sich sowohl auf massiver Unterlage als auch auf völlig ausgetrockneter Holzdielung im allgemeinen bewährt.

2. Die Vorzüge des Linoleumbelags bestehen in der glatten Oberfläche und der verhältnismäßig geringen Anzahl von Fugen und Stößen, wodurch in gesundheitlicher Beziehung der Staubbildung und Entwicklung von Krankheitskeimen im Fußboden entgegengewirkt wird, ferner in der Wasserundurchlässigkeit und namentlich in dem großen Widerstande gegen Abnutzung. Weitere Vorzüge sind die kurze Dauer der Verlegung und die leicht und schnell bewirkbaren Instandsetzungsarbeiten.

3. Durch Säuren wird Linoleum bei sachgemäßer Behandlung im allgemeinen nicht angegriffen; es wird sich daher auch als Fußbodenbelag in chemischen Laboratorien eignen.

4. Die schalldämpfende Wirkung des Linoleums soll bei Massivdecken größer als bei Holzdielungen sein. Ist eine solche Wirkung notwendig, so empfiehlt es sich, unter dem Linoleum Korkschichten (Korkestrich, Korkment usw.) anzuordnen, 20 bis 30 mm starke geteerte Korkplatten zwischen Deckenbeton und Estrich zu verlegen oder ähnliche schalldämpfende und gleichzeitig der Fußbodenkälte entgegenwirkende Mittel anzuwenden[1]). Auf Korklinoleum hinterlassen schwere Gegenstände, die längere Zeit darauf gestanden haben, wie Schränke Eindrücke, wodurch die Vorteile einer glatten Oberfläche verloren gehen können.

5. Als Mittel gegen Fußbodenkälte eignet sich übrigens nach W. Hoffmann (16) das Linoleum nicht. Ein guter Holzfußboden hält die Wärme ohne Linoleumbelag besser als ein mit Linoleum belegter Estrich aus Zement oder Gips. Nach den sehr eingehenden Versuchen des hygienisch-chemischen Laboratoriums der Kaiser-Wilhelms-Akademie [Hoffmann (16)] hat eine gut gelegte trockene Holzdielung von der üblichen Stärke bei weitem den größten Anteil an einem warmen Fußboden. Durch einen Linoleumbelag kann diese Wirkung nur in geringem Grade erhöht werden. Für diesen Zweck würde in erster Linie Korklinoleum in Betracht kommen, wobei man aber die geringere Haltbarkeit berücksichtigen muß.

1) Filzlinoleum ist — auch wegen Mottengefahr — nicht empfehlenswert.

Hoffmanns Versuche ergaben, wenn der Wärmeleitungskoëffizient für 4 mm starkes Linoleum = 1,0 gesetzt wird,

für	2,2 mm	starkes Linoleum . . . . . = 1,27
„	3,0 „	„ „ . . . . . = 1,23
„	3,6 „	„ „ . . . . . = 1,05
„	7,0 „	„ „ . . . . . = 0,85
„	10,0 „	„ „ . . . . . = 0,69
„	28,0 „	starkes Kiefernholz . . . . . = 0,38
„	28,0 „	desgl. mit 4 mm Linoleum belegt . . . . = 0,34
„	35,0 „	starkes Parkett (30 mm Kiefernholz und 5 mm Eichenholz) . . . . . = 0,36
„	35,0 „	starken Gipsestrich . . . . . = 0,70
„	35,0 „	desgl. mit 4 mm Linoleum belegt . . . . = 0,55
„	16,0 „	starken Zementestrich . . . . . = 0,78.

Erweist sich in Geschäftszimmern, Arbeitsräumen usw. nur für bestimmte Stellen eines Fußbodens ein besonderer Schutz gegen Fußbodenkälte als erforderlich, so wird der Zweck durch Belegen mit Matten oder Decken in der Regel besser erreicht werden, als durch teilweisen Linoleumbelag. Ein teilweises Belegen der Fußbodenflächen mit Linoleum erscheint überdies nur da vorteilhaft, wo die Kanten des Linoleums gegen Zerstörung hinlänglich geschützt werden können, und das seitliche Eindringen von Nässe unter den Belag verhindert werden kann.

6. Linoleumbelag stellt sich vielfach auf alter, ausgetretener Holzdielung wirtschaftlich vorteilhafter und läßt sich bei kurz bemessener Herstellungsfrist schneller anbringen als eine Verdoppelungs- oder Neudielung. Dieselbe Erfahrung ist bei der Instandsetzung alter ausgetretener Treppenstufen gemacht worden. Voraussetzung für den Linoleumbelag auf alter Holzdielung ist aber, daß der Fußboden nicht ungleichmäßig federt.

7. Vor 6—8 Jahren sind in einigen Berliner Infanteriekasernen Mannschaftsstuben mit einem Fußbodenbelage von 5—7 mm starkem Linoleum versehen worden. Diese Beläge haben sich im allgemeinen bewährt. Die Abnutzung ist an den der Benutzung am stärksten ausgesetzten Stellen gegenwärtig bis zu 2,3 mm ermittelt worden. Gegen eine weitere Ausdehnung der versuchsweisen Ausführung derartiger Beläge für Mannschaftsstuben von 5 mm, besser 7 mm Stärke, sowie in geeigneten Fällen die versuchsweise Belegung ausgetretener Holzdielung in solchen Stuben mit Linoleum (vgl. Ziffer 6) ist nichts einzuwenden, sofern die Linoleumbeläge sich voraussichtlich Neudielungen gegenüber als wirtschaftlich vorteilhafter erweisen sollten.

8. In den Wohnräumen der Dienstwohnungen und Familienwohnungen verdient auch bei Massivdecken ein Holzfußboden der größeren Federkraft wegen den Vorzug.

9. Die Dauerhaftigkeit und das gute Aussehen des Linoleumbelages wird durch eine ständige und sachgemäße Unterhaltung wesentlich gefördert.

9. Fenster und Türen.

Ein wesentlicher Faktor für die gesundheitlichen Verhältnisse in einem Gebäude ist die Lage und Größe der Fenster, da durch sie direktes und diffuses (zerstreutes) Sonnenlicht in die Räume eintritt. Hierdurch wird die Behaglichkeit der Bewohner erhöht, krankmachende Bakterien werden in ihrer Entwickelung gehemmt, unter Umständen auch abgetötet.

Aus diesen Gründen sind über die Fenstergröße und -Lage sowohl in der Garnisongebäudeordnung als in der Friedenssanitätsordnung mehrere Bestimmungen getroffen.

Die Fenster sollen im allgemeinen derart angeordnet werden, daß eine möglichst ausgiebige Belichtung und Belüftung der Räume

erreicht wird; je höher sie bis zur Decke reichen, um so größer wird der Lichteinfallswinkel sein, und um so mehr die den Fenstern gegenüberliegende Raumseite belichtet werden.

Neben der Rücksicht auf Gewährung des vorgeschriebenen Flächen- und Luftraums sind in den militärischen Gebäuden genügend große Fensterflächen von Wichtigkeit, und zwar wird durchschnittlich als Maß etwa $^1/_8$ der Zimmerfläche angegeben (G. G. § 7, 1), während für die Garnisonlazarette als Mindestlichtfläche in den Krankenstuben etwa $^1/_5$, in den Krankensälen etwa $^1/_4$ der Bodenfläche verlangt wird (F. S. O. Beil. II § 19, 2), Fensterkreuze und -Sprossen sind nicht einbegriffen. Diese für militärische Unterkünfte gültigen Forderungen sind höher, als sie sonst gestellt werden, da man meist nur $^1/_{12}$ und nur für Schulen und ähnliche Zwecke $^1/_5$ bis $^1/_6$ der Bodenfläche rechnet.'

Nicht ohne Bedeutung für die natürliche Belichtung eines Raumes durch die Fenster ist die Auswahl der Glassorte und die Farbe des Glases; ferner müssen die Fenster stets möglichst sauber gehalten werden, und ihre Glasflächen nicht durch zu breite und hierdurch Licht raubende Vorhänge verkleinert werden. Gardinen finden sich meist nur in den Zimmern der verheirateten Militärpersonen. Soll in Mannschaftsstuben der Einblick von außen verhindert werden, so können auch Gardinen angebracht werden, in der Regel kommt aber undurchsichtiges „gepreßtes“ oder „geblendetes“, oder einfach mit Farbe bestrichenes Glas in Anwendung, das häufig nur auf den unteren Teil des Fensters beschränkt bleiben kann.

BOSTON MEDICAL
FEB 16 1911
LIBRARY

Gemäß der bereits besprochenen Orientierung der Gebäude (S. 23) sollen die Fenster der Wohnzimmer möglichst nach Süden oder Osten liegen; gegen zu starke Sonnenstrahlung können Jalousieläden, Zugjalousien und Stoff-Zugvorhänge (Markisen) angebracht werden (G. G. § 7, 4).

Auch kann durch Doppelfenster Kälte, Wind und dergl. in Wohn- und Aufenthaltsräumen einigermaßen abgehalten werden — in den Mannschaftsräumen, allen Küchen und Nebengelassen jedoch nur in ganz besonderen Ausnahmefällen, „wenn eine ausreichende Erwärmung nachweislich in keiner anderen Weise sich erreichen läßt“.

Die Fensterflügel müssen in geöffnetem Zustande feststellbar sein.

Zweckmäßig ist es, die oberen Fensterflügel als Kippfenster, drehbar um die untere Achse, herzustellen oder mit anderen Lüftungseinrichtungen zu versehen (siehe Ventilation).

Um einige Sicherheit gegen das Hinausstürzen aus dem Fenster zu erhalten, ist eine Brüstungshöhe der Fensterbank von 0,80 m erforderlich.

An die Fenster in den Garnisonlazaretten sind noch besondere Bedingungen gestellt, die im Band III „Militärische Unterkünfte", Kapitel „Lazarette" erörtert werden.

Türen.

Die in militärischen Gebäuden angebrachten Türen sind meist einfach, nur in Lazaretten sind sie in der Regel als Flügeltüren hergestellt, um den Transport der Kranken zu erleichtern; in letzterem Fall haben sie eine Breite von 1,5 m bei einer Höhe von 2,5 m, während die ersteren gewöhnlich 1 m breit und 2—2,20 m hoch sind.

Nicht selten tragen die Türen in ihren unteren Füllungen verstellbare, jalousieartige Ventilationseinrichtungen, die in Verbindung mit den Kippfenstern eine völlig ausreichende und dabei einfache Raumventilation herbeiführen, der nur das eine anhaftet, daß nicht frische Außen-, sondern meist Korridorluft in den Raum eintritt (siehe „Ventilation").

Fraglich ist es, nach welcher Seite die Türen aufgehen sollen, nach innen oder nach außen. In letzterem Falle können die Raumbewohner z. B. bei Alarm oder drohender Gefahr wohl schnell den Raum verlassen, ohne daß, wie beim Oeffnen nach innen, der Ausweg durch Gedränge oder andere Hindernisse gesperrt werden kann.

Andererseits ist bei dem Oeffnen nach außen die Möglichkeit gegeben, daß durch das Aufschlagen Vorübergehende auf dem Korridor getroffen werden. Einigermaßen könnte dieser Uebelstand dadurch beseitigt werden, daß tiefere Türnischen angebracht werden.

Um das Sauberhalten der Türen, besonders in den Kasernen bei der nicht geringen Staubentwicklung, zu erleichtern, sollen die Türen auf beiden Seiten möglichst glatt sein, um nicht durch Ecken und Kanten Gelegenheit zur Staubablagerung zu bieten.

Besondere Herrichtung verlangen die Türen in den Geisteskrankenzimmern und in den Gefängnissen (Band III „Lazarette und Gefängnisse").

Vorrichtungen zum Selbstschließen von Türen sowie zum Feststellen in geöffnetem Zustande sind bei vorliegendem Bedürfnis statthaft. Bei der Aufbewahrung feuergefährlicher Materialien in größeren Mengen (Petroleum, Benzin, Aether, Alkohol) müssen die Aufbewahrungsräume neben anderen, aus besonderen Polizeiverordnungen sich ergebenden Bestimmungen feuersichere Türen haben. Dies erreicht man durch Ueberziehen glatter „gedoppelter" Hartholztüren mit Asbestpappe und Eisenblech, während eiserne Türen sich nicht bewährt haben, da sie sich schnell erhitzen und werfen.

Treppen.

Die Anordnung der Treppen hat sich im allgemeinen nach der Art der Benutzung zu richten; so sind an eine Kasernentreppe, die täglich häufig von einer größeren Anzahl von Menschen frequentiert wird, in bezug auf Breite, Aufbau, höchstzulässige Benutzungsziffer, Lage u. a. andere Anforderungen zu stellen, wie an die eines militärischen Familienhauses.

Eine Treppe soll sicher und bequem zu begehen und, so viel als möglich, feuersicher sein; je höher ein Gebäude ist, um so schärfer sind diese Ansprüche zu stellen.

In der Garnisongebäudeordnung sind nur wenige Bestimmungen über die Anlage der Treppen vorhanden, jedoch enthält sie die grundsätzliche Bestimmung (§ 6, 8), daß die Treppenanlagen den ortsüblichen Bestimmungen entsprechend ausgeführt werden müssen.

Was zunächst die Zahl der anzulegenden Treppen anbelangt, so setzt die Berliner Baupolizei-Ordnung als größte zulässige Entfernung einer Treppe von einem Punkt des Gebäudes 25 m fest, damit jede Treppe auf möglichst kurzem Wege erreichbar ist.

Je mehr Stockwerke vorhanden sind, um so mehr Menschen sind auf die bis zum Boden durchgehenden Treppen angewiesen. Militärische Gebäude werden nicht immer so hoch, d. h. mit so vielen Stockwerken aufgebaut wie z. B. die Mietskasernen einer Großstadt; trotzdem sind in den nach dem Blocksystem gebauten Kasernen außer dem Erdgeschoß häufig noch 3 Geschoße und das Dachgeschoß vorhanden, während Lazarette bei dieser Bauart nur 2 Geschosse haben.

Neben der Zahl der anzulegenden Treppen spielt ihre Breite eine gewisse Rolle, wobei die Zahl der Personen, die auf eine Treppe angewiesen sind, ausschlaggebend ist.

Die Garnisongebäudeordnung (§ 6,7) fordert für jedes Kompagnierevier gewöhnlich eine feuerfeste Treppe von mindestens 1,5 m Laufbreite, für Nebentreppen und Treppen in Familiengebäuden usw. genügt eine Laufbreite von mindestens 1,2 m, während für Lazarette tunlichst eine Breite von 1,50 bis 2,25 m beansprucht wird (F.S.O., Beilage II, § 18, 1). In nicht militärischen preußischen Staatsbauten gilt die Regel, daß die Treppenbreite nicht unter 1,3 m und übrigens für je 100 weitere Personen 0,70 m betragen soll bis zur Gesamtzahl von 500 Personen; von da an genügen 0,50 m für je 100 Personen bis zur Grenze von 1000 Personen.

Unter militärischen Verhältnissen, besonders beim Bau von mehrstöckigen Kasernen, wird man besonders breite und auch an Zahl

ausreichende Treppen anlegen, um bei plötzlichem Alarm, ausbrechendem Feuer u. a. eine schnelle Entleerung der Kasernen zu ermöglichen.

Zweifellos werden die Kasernentreppen sowohl durch den häufigen Gebrauch als auch durch das mit Nägeln und Eisen versehene Schuhwerk der Mannschaften stark abgenutzt, sodaß man die Treppenstufen meist aus Stein oder Beton herstellt. Holztreppen, wozu nur Hartholz verwendet werden soll, werden wegen der damit verbundenen Feuersgefahr selten angetroffen, ganz aus Eisen hergestellte Treppen sind zwar haltbar, aber zu geräuschvoll. [W. Müller (17).]

Die aus steinigem Material hergestellten Treppen dürfen, um ein Ausgleiten nach Möglichkeit zu verhüten, nicht glatt sein, sondern sollen eine etwas angerauhte Oberfläche haben.

Meist findet man in Kasernen die Kanten der Treppenstufen mit Eisen oder auch mit Holz armiert, hauptsächlich um einer zu schnellen Abnutzung vorzubeugen; andererseits besteht aber der Nachteil, daß bei eiserner Einfassung beim Fallen schlimme Verletzungen eintreten, und daß nicht selten in der Fuge zwischen Einfassung und Stufe größere Schmutzmengen sich ansammeln können, die leicht als Staub der Luft sich beimischen.

Um ein sicheres Gehen auf der Treppe zu ermöglichen, ist ferner die Breite und Höhe, d. h. der Abstand der einzelnen Stufentritte von Bedeutung.

Die Breite der Stufentritte (Auftrittsbreite) ist verschieden, meist schwankt sie zwischen 20 und 39 cm oder nach von Esmarch zwischen 24 und 30 cm, während die Stufenhöhe 12 bis 20 bezw. 14 bis 16 cm beträgt. Bei dem meist großen Schuhwerk der Mannschaften (siehe Band I, Kleidung) tut man gut, nicht unter den Mittelwerten zu bleiben. Wichtig für eine ohne besondere Anstrengungen und Vorsicht erfolgende Benutzung von Treppen ist auch das richtige Verhältnis von Auftrittsbreite und Stufenhöhe.

Ein gutes Verhältnis ist 24:16 cm, Pracht-(Frei-)treppen haben meist 39:12, steile Keller- und Hinterhaustreppen manchmal 20:20.

Um das Ersteigen hoher Treppen zu erleichtern, d. h. um den Arbeitsaufwand beim Treppensteigen zu teilen, ferner aus bautechnischen Gründen bringt man nach 12—18 Stufen eine horizontale Unterbrechung, gewissermaßen einen Ruheplatz, an, der mindestens die Breite von drei Stufentritten haben soll (Podest).

Wendeltreppen sind nach der Garnisongebäudeordnung (§ 6, 7) für militärische Neubauten nur da zulässig, wo es sich lediglich um Ermöglichung eines beschränkten Personenverkehrs handelt, und für den Transport von sperrigen Geräten anderweit Vorsorge getroffen ist.

Für den gewöhnlichen Verkehr der Mannschaften ist eine Wendeltreppe ungeeignet, da wegen der ungleichen Auftrittsbreite und der geringen Uebersichtlichkeit die Möglichkeiten für Unfälle zu groß sind.

Es ist eine selbstverständliche hygienische Forderung, daß alle Treppen ausreichend beleuchtet werden.

Nach der Garnisongebäudeordnung erhalten sämtliche Treppen Handgriffe.

Da beim Ausbrechen von Feuer die Treppen in erster Linie für die Rettung ins Freie dienen müssen, so sind sie möglichst feuerfest herzustellen; dasselbe ist auch für das Treppenhaus zu fordern. Die größte Feuersicherheit bietet nach Nußbaum[1]) eine aus Ziegelgewölben auf Pfeilern gebaute Steintreppe, zu welcher tragende Eisenteile und Holz überhaupt keine Verwendung gefunden haben; nach v. Esmarch können auch gemauerte Treppen mit hartem Holzbelag als feuersicher angesehen werden, jedoch ist nicht nur auf die Feuerfestigkeit des Materials, sondern auch auf Vorrichtungen Bedacht zu nehmen, welche das Verqualmen des Treppenhauses verhindern.

10. Das Dach.

Die an ein Dach zu stellenden hygienischen Anforderungen erscheinen auf den ersten Blick äußerst einfach, und besondere Vorschriften sind aus der Garnisongebäudeordnung nicht zu ersehen. Man verlangt von einem Dach nicht nur Schutz gegen die atmosphärischen Niederschläge (Regen, Schnee), gegen Staub und Wind — trotz vorhandener Ventilationseinrichtung — sondern auch Schutz gegen Flugfeuer und Blitzschlag, gegen Kälte und Hitze; aus letzterem Grunde spielt das Wärmeleitungsvermögen besonders bei den verschiedenartigen Baracken auf Truppenübungsplätzen eine große Rolle, umsomehr als unter dem Barackendach immer unmittelbar Wohnräume gelegen sind (s. Band III, „Militärische Unterkünfte“, Kapitel Baracken).

Die Dachräume selbst sind wohl in keinem militärischen Gebäude bewohnt, wie es noch in vielen Wohnhäusern selbst großer Städte der Fall ist; sie dienen nur zu Aufbewahrungszwecken, als Kammern u. dergl.

Um diesen verschiedenartigen Forderungen gerecht zu werden, muß das Dach nach ähnlichen Prinzipien hergestellt werden wie die Außenwände, besonders wie die an der Wetterseite gelegenen, d. h. es muß bei möglichst wasserdichter Oberfläche im Innern aus möglichst luft-

1) Nußbaum (13), S. 283.

haltigem Material bestehen. Das alte Stroh- oder Rohrdach, das aus verschiedenen Gründen seine Vorzüge hatte, kann für militärische Gebäude, für die eine Feuerversicherung grundsätzlich nicht eingegangen wird, niemals in Betracht kommen, da die Feuergefährlichkeit zu groß ist. Das beste Material zur Eindeckung eines Hauses sind die aus Ton gebrannten Dachziegel (Biberschwänze), die an wagerecht verlaufenden Holzlatten befestigt werden. Um das Dach wasserdicht zu machen, wird ihre Außenseite manchmal mit heißem Asphaltteer bestrichen oder buntfarbig glasiert; die Ziegel werden — meist in Mörtel — so verlegt, daß überall zwei sich deckende Lagen Ziegel entstehen, wodurch allerdings die Unterlagen stark belastet werden. (Abb. 17, nach Praußnitz). Wegen Benutzung dieser Ziegel für die Wetterseite eines Gebäudes siehe S. 68. Das Schieferdach findet man neuerdings weniger häufig wie früher als Hausbedeckung; bei ihm ist der Abschluß kein zuverlässiger, da die Schieferplatten sich wohl schuppenartig überdecken, aber auf einer einfachen Holzbretterverschalung aufgenagelt werden. Zwischen die einzelnen Schieferplatten kann Staub u. a. durch den Wind hineingetrieben werden; ist die Brettunterlage nicht genügend, z. B. durch Dachpappe (Abb. 17), gedichtet, so erfolgt eine Verschmutzung des Bodenraums. Schiefer ist auch weniger haltbar als der Dachziegel, besonders weniger feuerfest. Als Beweis für seine Güte gibt v. Esmarch an, daß guter Schiefer, in einem geschlossenen Gefäß über Schwefelsäure aufgehängt, nicht blättrig werden darf.

Da der Schiefer weniger lufthaltig als der Ziegel ist, so ist ein Schieferdach auch ein besserer Wärmeleiter, d. h. Wärme und Kälte dringt leichter hindurch als durch den Ziegel, ein Uebelstand, der sich aber durch Anbringen entsprechender Isolierpappe an der Holzverschalung beheben ließe (Abb. 17). Hierdurch tritt allerdings eine Verteuerung des Daches ein. Schiefer- und Ziegelbedachung sind nur bei schrägen Dächern (35—45°) anwendbar.

Ferner wären die Blechdächer noch zu nennen, die wohl den zuverlässigsten Schutz gegen die Niederschläge, Wind und Staub, aber als Metall auch einen guten Wärmeleiter darstellen; sie sind ferner besonders leicht und lassen sich sowohl für horizontale als schräge Dächer verwenden. Als Material ist Kupfer- und Zinkblech (Zinkwellblech) hauptsächlich in Gebrauch, da Eisenblech sich nur schwer gegen Rostschaden schützen läßt; das Kupferdach, das als basisch kohlensaures Kupfer (Patina) den bekannten dunkelgrünen Edelrost ansetzt, kommt wegen der hohen Kosten nur äußerst selten bei militärischen Bauten (Prachtbauten) in Betracht, dagegen stellt das

Zinkwellblech das Material nicht nur für die Bedachung kleiner militärischer Baulichkeiten sondern für ganze Baracken (Wellblechbaracken, siehe Band III) dar.

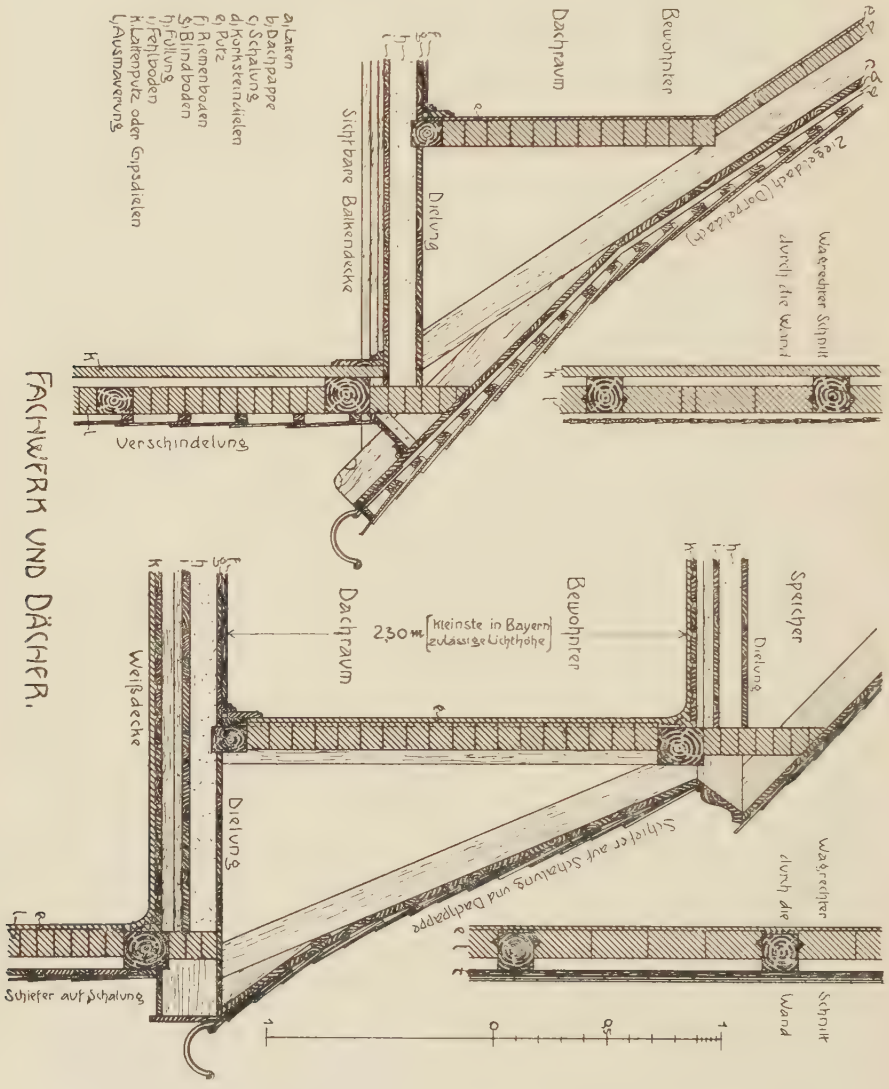


Abbildung 17.

Das Wellblech wird auf einer zweckmäßigen Holzverschalung (sich dem Wellblech anpassendem Korkstein) befestigt; wegen der starken, von dem Metall ausgehenden Wärmeleitung und -Strahlung kann man, um die Raumtemperatur von der Außenluft sowohl im Winter wie im Sommer möglichst unabhängig zu machen, eine doppelte Verschalung

(Korkstein, Gipsdielen u. a.) herstellen, um so eine isolierende Luftschicht zu erreichen.

Wegen der schon mehrfach erwähnten Gefahr der Kondenswasserbildung in derartigen Isolierräumen muß man sie mit geeigneten Ventilationsvorrichtungen versehen oder sie nach Nußbaum mit feinporigem Material ausfüllen, das einen allmählichen Temperaturausgleich herbeiführt, sodaß nennenswerte Kondensationen vermieden werden; andererseits ist im Laufe der Zeit ein Faulen der Holzverschalung zu befürchten.

Für Lazarette, die nach dem Pavillonsystem gebaut sind, gegebenfalls auch für besondere Lagerräume der Traindepots und der Fortifikation u. a. kann sich ein fast wagerechtes, begehbares Dach mit Holzzementbedeckung als praktisch erweisen, wie man es auch bei Landhäusern hier und da, in Großstädten auch bei Mietshäusern der Zivilbevölkerung findet.

Das Dach ist dauerhaft, wasserdicht, ein schlechter Wärmeleiter, begehbar und zu Gartenanlagen (Lauben usw.) benutzbar; letztere, d. h. Anpflanzungen, bieten zwar einen Schutz gegen die Wärmestrahlung der Sonne, ein Aufenthalt daselbst dürfte sich aber nur bei einzelstehenden Häusern empfehlen, da man sonst durch Rauch und Ruß der Schornsteine belästigt wird, in Nachbarhäusern das Dach auch zum Teppichklopfen usw. benutzt werden kann. Da das Holzzementdach eine fast wagerechte, gut isolierte Bedeckung darstellt, so kann der darunter gelegene Raum ohne Bedenken als Wohnraum benutzt werden, wie dies bei den Krankenpavillons auch meist der Fall ist.

Holzzement setzt sich aus einem zähflüssigen und klebrigen Gemisch von Steinkohlenteer, Pech, Harz und Schwefel[1]) zusammen, das mit mehreren Lagen Papier auf eine besonders konstruierte Unterlage (Holzverschalung oder Estrich von hartgebranntem Gips oder Gipsdielen oder Dachpappe) verstrichen wird; auf die Holzzementpapierschichten kommt eine 8—15 cm hohe Lage von Kies. Wegen der besonderen Vorsicht, die bei der Herstellung zu beobachten ist, sind die Holzzementdächer nicht besonders billig (Abb. 18, nach Praußnitz).

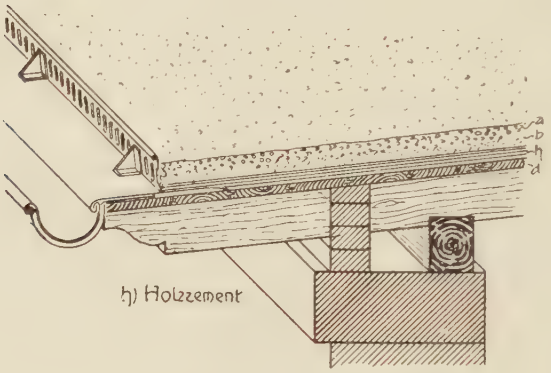
Das „Dachpappendach“ gewährt wegen seiner Durchtränkung mit Asphalt genügenden Schutz gegen atmosphärische Niederschläge, ist billig, aber nicht feuersicher, bietet keinen Wärmeschutz, und seine geringe Haltbarkeit macht ein wiederholtes Nachteeren notwendig. Um die Absorption der Sonnenstrahlen zu mildern, überstreut man das Dach mit hellem Kies oder gibt der schwarzen Dachpappe einen

1) Nach v. Mecenseffy. [Praußnitz (15).]

hellen Anstrich, am einfachsten einen weißen Kalkanstrich; die Verwendung der Dachpappe kann für Schuppen zur Unterbringung von Turn-, Fecht- und Scheibengerät, Feuerlöschgerät der Truppen u. a. in Frage kommen.

Abbildung 18.

Holzzementdach.



a = Kiesschüttung; b = Sandschüttung;
d = gefalzte Schalbretter.

Ueber den Schutz kleiner Dächer von Baracken, Zelten usw. gegen die Wärmestrahlung der Sonne durch ein Sonnensegel enthält Band III im Abschnitt „Zelte“ einige Angaben.

11. Der Blitzableiter.

Auf den Dächern besonders hoher oder isoliert liegender oder Sprengstoffe beherbergender Gebäude (siehe Band III Abschnitt „Pulverhäuser“) werden zur Abwendung der Blitzgefahr meist Blitzableiter angebracht.

Die Garnisongebäudeordnung (§ 64, 2) verlangt, daß Blitzableiter nur da, wo besondere Veranlassung vorliegt, angebracht werden; über die Anlage von Blitzableitern bestehen ferner besondere militärische Bestimmungen. Hier sollen nur einige allgemeine Bemerkungen Platz finden.

Die Hauptteile eines Blitzableiters sind die mit Ausströmungsspitzen versehenen, auf dem höchsten Punkte eines Gebäudes angebrachten „Auffangstangen“; von diesen führen metallische — gut isolierte — „Ableitungen“ zur Erde, und in dieser die „Bodenleitungen“ bis zu den die Elektrizität gut leitenden Rohrnetzen des Untergrundes bezw. dem Grundwasser oder den offenen Gewässern.

Die meist 20—40 mm starken Auffangestangen bestehen aus Kupfer[1]) oder verzinktem Eisen, in deren sich allmählich verjüngende Spitze eine 2 mm dicke, gespitzte Nadel aus Platin oder Silber, welches durch Amalgamvergoldung vor Oxydation zu schützen ist, eingeschraubt werden kann; sie haben eine Länge von 4, höchstens 6 m. Der von ihnen geschützte Raum stellt einen Kegel dar, dessen Höhe von der Auffangestange, und dessen Radius von der gleichen bis höchstens doppelten Höhe der Stangen gebildet wird.

Von vielen Seiten wird ferner eine leitende Verbindung der meist in Platten endigenden Bodenleitung mit den Gas- und Wasserleitungsrohren zum Schutz von explosivem Ueberspringen der Elektrizität zwischen der Blitzableitung und diesen unbedingt für nötig erachtet. Bei einem richtig angelegten Blitzableiter ist jede Blitzgefahr ausgeschlossen. Er soll nicht nur Blitzschläge verhüten, sondern auch, wenn solche unvermeidlich sind, sie unschädlich in die Erde leiten. Jedoch ist darauf Bedacht zu nehmen, die Blitzableitung in bestimmten Zwischenräumen sachverständig prüfen zu lassen [Reiss (21), Neesen (22)].

Handelt es sich um Bauten, für deren Konstruktion viel Eisenmaterial verwendet wurde, so soll man mit dem Anbringen von Blitzableitern nicht engherzig sein.

3. Kapitel.

Beziehbarkeit.

Sowohl in der Garnisondienstvorschrift (§ 5, 2) als auch in der Friedenssanitätsordnung (Beil. 11) ist mehrfach zum Ausdruck gebracht, daß die militärischen Unterkunftsräume sowohl für Kranke als auch für Gesunde trocken sein müssen. Diese Forderung ist von besonderer Bedeutung bei dem Beziehen eines Neubaues, und es drängt sich die Frage auf, wann kann ein Neubau bezogen werden, ohne daß gesundheitliche Nachteile auftreten, welche allgemeinen Bestimmungen bestehen hierüber, worauf hat man bei der Trockenerklärung eines Gebäudes zu achten, wodurch kann sich Feuchtigkeit in einem Hause halten oder später einstellen.

A. Bestimmungen über die Beziehbarkeit.

In der Garnisongebäudeordnung sind besondere Bestimmungen nicht enthalten, die eine Frist für das Beziehen eines Ge-

1) In diesem Falle soll die ganze Leitung bis in den Untergrund aus einem Stück bestehen; Eisenleitungen müssen zusammengeschweißt werden, damit sie nicht schmelzen.

bäudes nach Fertigstellung des Rohbaues aussprechen, und das erscheint nach den späteren Ausführungen auch zweckmäßig; trotzdem gibt es Baupolizeiordnungen, die die Erlaubniserteilung zum Einziehen in einen Neubau an einen gewissen Termin binden.

Meist werden in solchen Fällen für Massivbauten 6 Monate, für Fachwerkbauten etwas weniger angegeben; naturgemäß spielt das Klima, die Jahreszeit, die Sorgfalt bei der Bauausführung (nicht zu frühzeitiges Tapezieren, Verstreichen von Fugen, Legen von Stabfußböden und Herstellen von Oelanstrich) und die Verhütungsmaßregeln gegen Mauerfraß eine ausschlaggebende Rolle, so daß es einfach nicht möglich ist, auf dem Wege der Bestimmung für jeden Fall das Richtige zu treffen. Rubner[1]) hält z. B. bei mittleren Klimaten mindestens 4 Sommer- und etwa 6 Wintermonate (bezw. Herbstmonate) zum Austrocknen für erforderlich, nach Flügge[2]) schwankt die Austrocknungsfrist zwischen 6—12 Wochen, jedoch halten beide in allen Zweifelsfällen den objektiven Nachweis der Mauerfeuchtigkeitt (s. unten) für wünschenswert.

B. Die Wohnungsfeuchtigkeit.

Bei einer hygienischen Betrachtung der Wohnungsfeuchtigkeit hat man zu unterscheiden:

a) die Entstehung und ihre Folgen,
b) den Nachweis,
c) die Beseitigung und die Verhütung derselben.

a) Die Entstehung der Wohnungsfeuchtigkeit und ihre Folgen.

Die Ursachen für die Entstehung von Feuchtigkeit in einem Gebäude können sehr mannigfach sein.

Zunächst kann die Bodenfeuchtigkeit einem nicht zweckmäßig angelegten Fundament sich mitteilen und dann in porösem Gestein kapillar gehoben werden. Hierüber ist in dem Abschnitt „Hausfundament“ (S. 28) das Wichtigste gesagt worden.

Aber auch bei sachgemäßer Fundamentierung eines Gebäudes sind während der weiteren Bauausführung mehrfach Anlässe vorhanden, wobei — nicht unbedeutende — Wassermengen in das Mauerwerk eindringen.

Abgesehen von dem vor der Bedachung einfallenden Regen und Schnee werden bei der Ausführung aller Maurerarbeiten große Wasser-

1) Rubner (6), S. 164.
2) Flügge (7), S. 308.

massen gebraucht, um die Baumaterialien zusammenzufügen. Die meist porösen Bausteine sowohl wie der bereits auf S. 30 genauer beschriebene Mörtel verbinden sich nur in wasserdurchtränktem Zustand; erstere nehmen durchschnittlich 10—20 Volumprozent Wasser auf, und der gebrannte Kalk bedarf nach Rubner zum Löschen (Entstehung von Kalkhydrat) entgegen theoretischer Berechnung in Wirklichkeit mindestens die dreifache Menge Wasser.

Flügge berechnet, indem er für ein mittleres Wohnhaus etwa 500 cbm Mauerwerk annimmt, für dieses allein 50—100 cbm mechanisch beigemengtes Wasser; 1 cbm frisch bereiteter Mörtel enthält im Mittel 150 Liter Wasser und außerdem noch 100 Liter Hydratwasser. Da man für 500 cbm Mauerwerk etwa 60 cbm Mörtel zum Verputzen und zum Füllen der Fugen gebraucht, so sind hiernach für einen Bau der angegebenen Größe 60—110 cbm mechanisch beigemengtes und 6 cbm chemisch gebundenes (Hydrat-) Wasser notwendig.

Pettenkofer[1]) gibt für ein Backsteinhaus mit 3 Stockwerken à 5 Zimmer an, daß 85 000 Liter = 85 cbm Wasser in dem Mauerwerk eingelagert sind, so daß beide Werte ungefähr übereinstimmen.

Da auch nach den militärischen Bestimmungen die Gebäude vor ihrem Beziehen trocken sein müssen, so folgt hieraus, daß jene große Wassermasse wieder abgegeben werden muß.

Dies erfolgt durch Verdunstung, indem das mechanisch beigemengte Wasser sich einer relativ trockenen Luft von höherer Temperatur beimengt und dann durch die natürliche Lüftung, besonders unter Einwirkung des Windes, fortgeführt wird (Austrocknung); das höchstens 5 pCt. der Gesamtfeuchtigkeit ausmachende, chemisch gebundene (Hydrat-) Wasser [$Ca(OH)_2$] kann durch Austrocknen allein nicht beseitigt werden, es wird vielmehr durch die Kohlensäure der Luft frei gemacht und folgt dann dem Verdunstungsprozeß

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O.$$

Früher kam es häufiger als bei der jetzigen gewissenhafteren — hygienischen — Bauüberwachung und der Anlage bequem zu erreichender, in genügender Zahl vorhandener Aborte vor, daß die Baumaterialien durch den Urin der Bauarbeiter verunreinigt wurden, wodurch außer dem Bauwasser noch weitere Flüssigkeitsmengen dem Gebäude zugeführt wurden.

Eine fernere Möglichkeit, durch die in einem schon fertigen Bau noch weiter Feuchtigkeit eindringen kann, ist durch nicht genügend

1) Nach Rubner (6), S. 163.

gedichtete Außenwände besonders an der Wetterseite (Westseite) gegeben. Da militärische Bauten freistehen, wie besonders auf Truppenübungsplätzen, so kann der Schlagregen, wie auf S. 34 eingehender ausgeführt, gegebenenfalls tief in das Mauerwerk eindringen.

Auf andere vorübergehend auftretende Undichtigkeiten, wie sie an Dächern und Regenrinnen und dergl. gelegentlich auftreten und das Eindringen von Wasser ermöglichen können, soll hier nicht eingegangen werden.

Schließlich kann noch in der qualitativen Zusammensetzung des zur Bauausführung verwandten Wassers und der Baumaterialien selbst der Grund für eine andauernde Feuchtigkeit in den Wänden gegeben sein, der häufig zur Zerstörung des Mauerwerks, dem „Mauerfraß", Anlaß gibt, indem die oberflächlichen Stellen des Verputzes und dann auch die Ziegel selbst abbröckeln.

Wenn das zur Herstellung des Mörtels verwendete Wasser viel salpetersaure Salze oder Chlorverbindungen enthält, deren Chlor sich mit dem Kalkhydrat des Mörtels zu dem stark hygroskopischen Chlorkalzium verbindet, so halten diese Salze in dem Mauerwerk große Mengen Kristallwasser zurück. So binden 56 Gewichtsteile vollkommen wasserfreien — geglühten — Chlorkalziums 108 Teile Wasser, die aber zum Teil wieder abgegeben werden können, wenn trockene Luft darüber streicht[1]). Die in dem Mauerwerk nach dem Verdunsten des Mörtelwassers zurückbleibenden hygroskopischen Salze (Mauersalpeter) sind hiernach die Ursache für einen Circulus vitiosus einer das Mauerwerk allmählich zerstörenden Wandfeuchtigkeit, indem sie einerseits bei trockner Außenluft trocknen, also ihre Feuchtigkeit an die Zimmeratmosphäre abgeben, andererseits sich mit Feuchtigkeit, meist in sichtbarer Weise, beschlagen, wenn die Raumatmosphäre mit höherem Feuchtigkeitsgehalt über die vorher ausgetrockneten Stellen streicht. Beim Vorhandensein des Mauerfraßes kommt es mitunter zum Auftreten von weißlichen, büschelartig sich gruppierenden Kristallnadeln[2]).

Es gibt auch Fälle — in schlecht gebauten Pferdeställen und Abortanlagen kann man es z. B. auf dem Lande häufiger sehen —, wo ein vorher trockenes Mauerwerk dadurch dem Mauerfraß verfällt, daß die an stickstoffhaltigen- und Chlorverbindungen reiche Jauche in die porösen Steine eindringt und die Bildung der oben genannten hygroskopischen Salze veranlaßt; auch der Erdboden kann, wenn er mit

1) Rubner (6), S. 164.
2) Hammerl-Kloß in Praußnitz (15), S. 132.

faulenden Stickstoffkörpern (Fäkalien) durchsetzt ist, in diesem Sinne den Mauern gefährlich werden.

Häufig werden auch bei einwandfreier Bauausführung die Innenwände der Hausmauern dadurch feucht, daß in den Räumen aus den verschiedensten Ursachen sich größere Mengen Wasserdampf entwickeln, die bei dem Mangel einer ausreichenden Ventilation nicht recht abziehen können und bei der völligen Sättigung der Luft, bei dem Ueberschreiten des Sättigungsmaximums sich als tropfbares Wasser niederschlagen, zuerst da, wo eine niedrigere Temperatur herrscht, wie an den Fenstern und Wänden. In solchen Fällen sieht man, wie Verfasser selbst mehrfach beobachtete, z. B. in Mannschaftsküchen, hauptsächlich aber in Marketendereien, aber gelegentlich auch in den anstoßenden Räumen (Kartoffelschälraum, Vorratskammern und dergl.) die Wände triefend naß. An den Stellen, die einem Luftzug, der einen großen Teil der Feuchtigkeit beseitigen könnte, weniger ausgesetzt sind, wie hinter Schränken, Regalen und dergl., tritt dann bald Schimmelbildung auf.

In den Wohnräumen, den Mannschaftsstuben der Kasernen, in denen auf genügende Lüftung gehalten wird, sind die Schäden einer solchen reichlichen Wasserdampfentwicklung, wie sie auch durch die Ausatmung der Menschen, dem Brennen von Lampen — elektrische ausgeschlossen —, das Trocknen vom Regen durchnäßter oder gewaschener Kleidungsstücke entwickelt werden, ausgeschlossen; anders aber bei der militärischen Unterkunft in Kasematten, in denen die Ventilationseinrichtungen manchmal zu wünschen übrig lassen.

Die Folgen länger einwirkender Feuchtigkeit bestehen neben denjenigen etwa vorhandenen Mauerfraßes, die schon oben erwähnt wurden, in der Schimmelbildung an den Stellen, die vor Licht und Luftzug geschützt sind, wie hinter Gegenständen, in Ecken, bei schlechtem Dielenfußboden vielleicht auch im Zwischenboden; besonders häufig werden Tapeten befallen, die hierdurch Flecken bekommen und bei etwa vorhandenem Arsengehalt den stark gesundheitsschädlichen Arsenwasserstoff entwickeln können. Die Verwendung des Arsens (Schweinfurter Grün) zur Färbung der Tapeten ist polizeilich verboten. Auch auf selten getragenen Kleidungsstücken (Wäsche), besonders auch auf Leder entwickeln sich Schimmelrasen, die bei längerer Einwirkung zur Zerstörung derselben führen können. Die Luft nimmt in solchen Räumen einen dumpfen, modrigen Geruch an.

Ferner sind feuchte Wohnungen stets kühl, da das Wasser zu seiner Verdunstung Wärme bindet; hierdurch wird die Behaglichkeit eines Zimmeraufenthaltes gestört, und die Ursache für die Entstehung

der verschiedenartigen Erkältungskrankheiten (Rheumatismus) gegeben, um so mehr, da in Schlafzimmern auch die Betten, besonders Federbettdecken mit Vorliebe Feuchtigkeit annehmen und festhalten.

Eine häufige Begleiterscheinung feuchter Häuser ist der Hausschwamm.

Der Hausschwamm.

Der Hausschwamm kann als eine Holzinfektion (Holz-, Weiß-, Rot- und Trockenfäule) in den Balken, Fuß- und Fehlböden eines Hauses auftreten, wenn diese einen höheren Feuchtigkeitsgehalt besitzen und sich an Stellen befinden, die von der Zufuhr frischer Luft abgeschlossen sind.

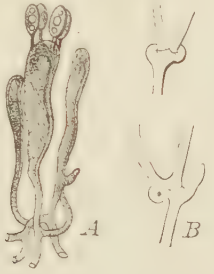
Das Holz kann sowohl als lebender Baumstamm als auch in gefälltem Zustande den Krankheitspilz — in Sporenform — in sich aufnehmen, die dann später unter den oben geschilderten Verhältnissen zu einem Fasergeflecht (Mycel) auswachsen, welches die Holzteile oft in großer Ausdehnung überzieht, das Holz zerstört, aber auch auf das Mauerwerk übergreift und dadurch die Baufestigkeit eines Hauses gefährden kann.

Nach den bisherigen Kenntnissen kommen als Hausschwamm besonders zwei sporenbildende Pilzarten in Betracht, der sogenannte „echte Hausschwamm“, Merulius lacrymans, zu der Klasse der Faden(Schimmel)-Pilze gehörig (Wachstum zwischen 3° und 26° C), und der Pilz der sogenannten „Trockenfäule“, Polyporus vaporarius, der seltener vorkommt. Es ist noch darauf aufmerksam gemacht worden, daß auch der Pilz Coniophora cerebella Schwammbildung hervorrufen kann; es ist aber wohl anzunehmen, daß auch noch andere Pilze und saprophytische Bakterien den Zerstörungsprozeß des eigentlichen Hausschwamms unterstützen oder gelegentlich auch allein die Trockenfäule des Holzes verursachen [Hartig (23)]. Die Forschungen über die Aetiologie des Hausschwamms sind durchaus noch nicht abgeschlossen und haben besonders auch vom juristischen Standpunkt aus bei Schadenersatzklagen großen Wert [Dickel (24)].

Die beiden am meisten vorkommenden Hausschwammarten sind meist leicht an ihren ausgedehnten weißen, watteähnlichen Wucherungen und Fruchtträgern zu erkennen, die bei dem Merulius lacrymans eine faltige Anordnung von gelbbrauner Farbe zeigen und meist mit Wassertröpfchen besät sind, die von ihnen selbst ausgeschieden werden und das Fortwachsen in die Umgebung immer wieder von neuem ermöglichen. Merulius lacrymans kann man manchmal an besonderen „Schnallenzellen“ erkennen (Abb. 19, nach Flügge).

Durch den fauligen, dumpfen, manchmal sauren, ekelerregenden Geruch in den Räumen, ferner durch das Morschwerden und Einsinken der Holzmaterialien (z. B. der Fußböden unter Möbeln, Oefen), deren Erkrankung bei verdeckter Lage man durch Anbohren feststellen muß, schließlich aus der gelbbraunen bis dunkelrotbraunen Farbe des zerstörten Holzes wird man auf den Hausschwamm aufmerksam; Gefahren in gesundheitlicher Beziehung, die von dem Hausschwamm unmittelbar ausgehen, sind mit Sicherheit bisher nicht festgestellt worden, abgesehen von den allgemeinen Folgen der Hausfeuchtigkeit und — vielleicht — von dem ekelerregenden, die freie Atmung hemmenden Geruch (Flügge).

Abbildung 19.



Merulius lacrymans (Hausschwamm).
A Fruchtträger mit reifen Sporen;
B Schnallenbildung an Myzelfäden.

Als Prophylaxe gegen den Hausschwamm, die erfolgreicher als die Bekämpfung sein dürfte, kann auf die allgemeinen Schutzmaßregeln gegen Feuchtigkeit und auf die hygienische Herstellungsweise der Fehl- und Fußböden (S. 40) verwiesen werden; im besonderen darf für Neubauten nur Holz verwandt werden, das aus gesunden Holzbeständen stammt und gut getrocknet ist.

Ist der Hausschwamm erst in einem Hause vorhanden, so ist es schwer, ihn zu beseitigen, da man es mit der Bekämpfung einer Infektionskrankheit zu tun hat, deren Krankheitsherd meist versteckt liegt, und deren Krankheitserreger von einer gewissen Widerstandsfähigkeit sind.

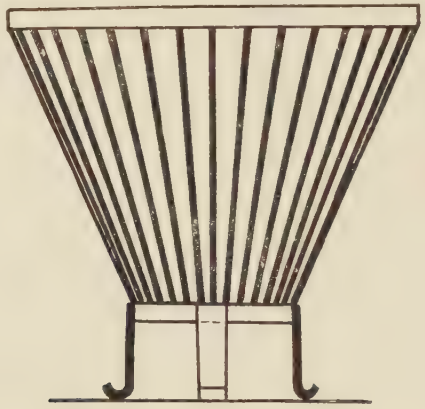
Hiernach muß man versuchen, den Ort der Erkrankung in seiner ganzen Ausdehnung aufzudecken und das Kranke bis in das Gesunde hinein zu beseitigen und sofort zu vernichten, um anderweitige Uebertragungen zu vermeiden. Nimmt man von dieser radikalen Entfernung Abstand und will man besonders bei Holzerkrankungen geringeren Grades nur die Pilzwucherungen abtöten, so hat man hauptsächlich zwei Methoden, die auch gleichzeitig der Beseitigung der Feuchtigkeit dienen. Bei einer guten Luftzuführung (Ventilation) wird das Weiter-

wuchern verhütet, und nach den Untersuchungen von Falk (25) durch erhöhte Temperaturen bis zu 42° C der Pilzrasen allmählich abgetötet; ersteres erreicht man durch geeignete Ventilationskanäle und Oeffnungen, letzteres, nach Falks Vorschlag, durch das mehrstündige Aufstellen von Koksöfen[1]) oberhalb und unterhalb der Decke[2]) (Abb. 20 nach Weyl) und in geeigneten Fällen durch Einblasen heißer Luft z. B. in die Fehlböden.

Mit einer lokalen oder zentralen Heizung wird man eine Raumtemperatur von etwa 40° C nicht erreichen können.

Nach Diedrich (26) kommt es auch mehr auf die Beseitigung der Feuchtigkeit als auf die Zuführung der Wärme an; hiernach

Abbildung 20.



Kokskorb.

würde der Hausschwamm bei guter Ventilation auch bei den gewöhnlichen im Hause herrschenden Temperaturen zugrunde gehen, da ihm allmählich die für sein Fortkommen nötige Feuchtigkeit entzogen wird. Wenn es sich aber einmal um ein feuchtes Haus mit Schwammbildung handelt, so kann man wohl doch nicht auf einen baldigen sicheren Erfolg hoffen, wenn man dem Vorschlag von Diedrich folgt; er dürfte mehr als Verhütungsmaßregel bei dem Verdacht auf Hausschwamm in Frage kommen.

Vor Ausführung des Baues wird empfohlen, das Holz den von Falk angegebenen Temperaturen auszusetzen, um eine spätere Schwammbildung zu verhüten.

Schwamm auf Mauerwerk — meist Merulius lacrymans — kann man durch vorsichtiges Abbrennen mit einer Gebläselampe beseitigen.

1) Wegen der hierbei auftretenden CO-Gefahr siehe S. 69 u. 129.
2) Diese Methode versagt deshalb bei Kellerfußböden.

b) Nachweis der Wohnungsfeuchtigkeit.

In dem vorhergehenden Abschnitt sind bereits mehrere sinnfällige, durch Feuchtigkeit im Mauerwerk und seinen Holzteilen hervorgerufene Veränderungen, muffige Luft, fleckige Tapeten, Mauerfraß, Schimmel, Hausschwamm angegeben worden, so daß bei höheren Feuchtigkeitsgraden die Diagnose leicht ist.

Nicht selten wird gerade unter militärischen Verhältnissen (Dienstwohnungen in älteren Kasernen, Unterkünfte in Baracken, Kellerwohnungen u. a.) die Frage aufgeworfen, ob ein für Wohnzwecke bestimmter Raum wegen angeblicher Feuchtigkeit seiner Bestimmung entzogen oder weiterbenutzt werden soll; dasselbe gilt auch für Aufbewahrungsräume z. B. von Wäsche und Ledergegenständen, für Lagerungsräume verschiedenartiger Nahrungsmittel, besonders der leicht Schimmel ansetzenden Gemüsekonserven der Armeekonservenfabriken u. a. m.

Aus diesen Gründen erscheint eine ausführlichere Besprechung wohl gerechtfertigt.

Der Feuchtigkeitsmesser (Hygrometer, Band I, Kapitel „Luftfeuchtigkeit" in seiner verschiedenartigen Konstruktion ist für obige Zwecke nicht recht brauchbar, da er nur den relativen Feuchtigkeitsgehalt der Raumluft, die aber mit der Temperatur und besonders nach vorgenommener Lüftung nicht unbedeutend wechselt, angibt, nicht aber die Mauerfeuchtigkeit.

Nur eine objektive Untersuchung kann hier Resultate geben, die in Verbindung mit anderen wiederholten Beobachtungen für ein erforderliches Gutachten als Unterlage dienen können.

Einigermaßen gute Ergebnisse bekommt man durch mehrere Untersuchungen des Wassergehaltes von Mörtelproben eines Wandputzes und zwar führt man nach Emmerich (29) zweckmäßig 5 (aus den Ecken und der Mitte je eine) aus. Die Untersuchungen müssen sorgfältig in einem geeigneten Laboratorium ausgeführt werden. Handelt es sich um die Beurteilung eines ganzen Hauses in Bezug auf seine Feuchtigkeit, so wählt man zweckmäßig einen nach der Schatten- und Wetterseite gelegenen Raum aus.

Nach Lehmann und Nußbaum (31) entnimmt man mit einer eisernen Stanze 20—100 g Mörtel, wiegt den Feinmörtel, nachdem man gröbere Steinchen beseitigt, und trocknet in einem auf 100° C. erwärmten, von CO_2 und H_2O befreiten Luftstrom solange, bis an einer Glasröhre, durch welche die Luft abgesaugt wird, sich keine Wasserdämpfe mehr kondensieren, ein Zeichen, daß Wasser nicht mehr entweicht. Gebunden bleibt nur noch die geringe Menge des an Kalk gebundenen Hydratwassers, das man erhält, wenn man die Mörtelmasse glüht und das Hydratwasser in ein vorher gewogenes, mit konzentrierter Schwefelsäure angefülltes Kölbchen übertreten läßt. Eine zweite Wägung gibt die Menge des Hydratwassers an. Nach Emmerich bietet das Hydratwasser aber wenig hygienisches Interesse, nachdem feststeht, daß, wie bereits S. 61 näher ausgeführt, dessen Menge gegenüber der des freien Wassers eine sehr geringe ist.

Emmerich empfiehlt, die Trocknung der Mörtelproben in einem evakuierten (luftverdünnten), auf 100° erhitzten Schnelltrockenschrank auszuführen und hierzu

den Gesamtmörtel — ohne Abtrennung des Feinmörtels — zu verwenden. Das Vakuum wird zum Schluß durch Zuleiten von wasser- und kohlensäurefreier Luft zerstört.

Noch eine dritte Methode ist in Gebrauch und von Markl (38) angegeben; die pulverisierten Mörtelmassen werden in absoluten Alkohol gegeben und dann tüchtig umgeschüttelt. Darauf wird der Mörtel abfiltriert, das veränderte spezifische Gewicht des Alkohols festgestellt und die Temperatur berücksichtigt. Die aufgenommene Wassermenge kann dann in einer Tabelle abgelesen werden.

Nötigenfalls kann man diese 3 Methoden anwenden und ihre Resultate berücksichtigen.

Um einen Raum als trocken und bewohnbar zu erklären, fordert Haeßgen (30), daß der Wassergehalt des Feinmörtels auf 1 pCt. gesunken sein mus, Emmerich dagegen gibt für den Gesamtmörtel als Norm der Trockenheit 2 pCt. Wassergehalt (mit dem Vakuumapparat bestimmt) an.

Selbst in ganz trockenen, alten Mauern enthält der Mörtel noch 0,5—1,0 pCt. Wasser.

c) Verhütung und Beseitigung der Wohnungsfeuchtigkeit.

In den vorhergehenden Abschnitten ist sowohl bei der Fundamentierung als bei der Aufführung der Mauern und Innenwände, bei der Bedachung des Hauses und der Benutzung einwandfreier Baumaterialien angegeben worden, in welcher Weise die Bodenfeuchtigkeit, der auf die Außenmauern (Wetterseite) und das Dach auffallende Regen und die im Innern eines Hauses sich bildende Feuchtigkeit verhütet werden kann; es ist deshalb hier auf die praktisch wichtigen Mittel einzugehen, wenn in unhygienisch aufgeführten Bauten die vorhandene Feuchtigkeit beseitigt werden soll.

In stehenden Fundamentmauern lassen sich durch Durchsägen Spalträume anbringen, die sich durch Einfügen von Blei- oder Asphaltplatten in den Schnitt gegen die anstehende Bodenfeuchtigkeit isolieren lassen.

Dasselbe läßt sich auch zum Schutze der Außenwände ausführen; der Wetterseite und dem Dach, ferner den Abflußvorrichtungen für den Regen ist dauernd größte Sorgfalt zu widmen, um schadhafte Stellen alsbald durch neue auszubessern, die Wetterseite soll man durch Schindeln, Bretter, Dachziegel, Schiefer, Zementplatten oder durch stark gebrannte Verblendziegeln, gegebenenfalls auch durch Anpflanzungen sichern. Wenn möglich, kann man versuchen, in den an und für sich porösen Mauern einige Ventilationsvorrichtungen anzubringen. Die Feuchtigkeit der Räume selbst kann durch Zuführung warmer Luft und ausreichende Ventilation verringert bzw. beseitigt werden. Ist bei Neubauten eine Zentralheizungsanlage vorhanden, so

wird man zweckmäßig durch diese, zumal in der kalten Jahreszeit den Bau heizen lassen; andernfalls muß man provisorisch Oefen aufstellen lassen, wofür hauptsächlich auch wegen ihrer strahlenden Wärme Koksöfen (Kokskörbe [Abb. 20]) gern benutzt werden.

Sind diese Kokskörbe, wie meist, nicht mit besonderem Rauchabzug versehen, so wird der ganze Raum bald mit größeren Mengen Kohlenoxyd und Kohlensäure beladen, wodurch gelegentlich schon Todesfälle verursacht wurden.

Räume, wie Waschküchen, Badezimmer u. a. bedürfen besonders leistungsfähiger Ventilationseinrichtungen, um die großen Mengen Wasserdampf schnell zu entfernen.

Literatur.

1. Fodor, J., Hygienische Untersuchungen über Luft, Boden und Wasser. Verlag Vieweg und Sohn. Braunschweig 1881.
2. Soyka, J., Der Boden in Pettenkofer-Ziemssens Handbuch der Hygiene und der Gewerbekrankheiten. I. Verlag Vogel. Leipzig 1887.
3. Wahnschaffe, F., Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung. Verlag von P. Parey. Berlin 1903.
4. Keilhack, K., Einführung in das Verständnis der geologisch-agronomischen Karten des Norddeutschen Flachlandes. Berlin 1908. Im Vertrieb der Königlichen Geologischen Landesanstalt. 1908.
5. Derselbe, Grundwasserstudien. Zeitschr. f. praktische Geologie. Okt. 1909.
6. Fraas, E., Geologie. Sammlung Göschen. 1904. Nr. 13.
7. Proskauer, B., Hygienische Beurteilung des Bodens. Zeitschr. f. Hyg. Bd. 11.
8. Wernicke und Wedders, Mitteilungen aus der Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung. Heft 8. S. 177.
9. Merl, F., Neue Theorie der Bodenentwässerung. Ansbach 1890.
10. Loesener, Arbeiten aus dem K. G. A. Bd. 11. S. 207.
11. Rubner, M., Lehrbuch der Hygiene. Verlag von Fr. Deuticke. Leipzig. Wien 1907.
12. Flügge, C., Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden. Verlag von Veit & Co. Leipzig 1908.
13. Praußnitz, W., Atlas und Lehrbuch der Hygiene. Verlag von J. F. Lehmann. München 1909.
14. Wilke, Beitrag zur Anordnung der Fenster in Klassenräumen. Das Schulzimmer. 1908. S. 221.
15. Schönfelder, „Freies Westlicht für unsere Schulen; eine Streitfrage". Ebenda. 1907. S. 179.
16. Marx, Heizung und Lüftung von Schulen. Hyg. Rundschau. 1910. S. 215.
17. Hoffmann, W., Ueber das Wärmeleitungsvermögen des Linoleums als Fußbodenbelag im Vergleich zu Holz- und Estrichfußböden. Arch. f. Hyg. Bd. 68. S. 54. ferner Das Schulzimmer. 1908. No. 4.
18. Müller, W., Der Bau eiserner Treppen. 1899.
19. Weyl, Th., Handbuch der Hygiene. Verlag von G. Fischer-Jena.
20. Pfeiffer, R., und Proskauer, B., Enzyklopädie der Hygiene. Verlag von Vogel-Leipzig. 1905.
21. Reiss, P., Lehrbuch der Physik.
22. Neesen, Die Blitzgefahr. Berlin 1891.
23. Hartig, Der echte Hausschwamm und andere das Bauholz zerstörende Pilze. 1902.
24. Hausschwammforschungen im amtlichen Auftrag herausgegeben von A. Möller. G. Fischer, Jena, z. B. Heft 2: Die Hausschwammfrage vom juristischen Standpunkt. Von Dickel. Ref. Hyg. Rundschau. 1910. S. 328.
25. Falk, Ueber den Hausschwamm. Zeitschr. f. Hyg. Bd. 55.

26. Diedrich, Ueber den Hausschwamm. Ebenda. Bd. 56.
27. Möller, A., Ueber den Hausschwamm. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 1903. S. 225.
28. Hennings, P., Das Vorkommen des Hausschwammes im Walde. Naturwissenschaftl. Wochenschr. 1889 und Zentralblatt der Bauverwaltung. 1889.
29. Emmerich und Trillich, Anleitung zu hygienischen Untersuchungen. 1902. S. 250.
30. Haessgen, Arch. f. Hyg. Bd. 9. S. 252.
31. Lehmann und Nußbaum, Feuchtigkeit von Neubauten. Arch. f. Hyg. 1889. — Emmerich, Ebenda. 1892.
32. Baukunde des Architekten (Deutsches Bauhandbuch). Bd. I. Teil II. Verlag Deutsche Bauzeitung. Berlin 1905.
33. v. Esmarch, E., Hygienisches Taschenbuch. Verlag von J. Springer. Berlin 1908.
34. Nußbaum, H. Chr., Das Wohnhaus in Th. Weyls Handbuch d. Hygiene. Bd. IV.
35. Nußbaum, Leitfaden der Hygiene. Verlag von R. Oldenbourg. 1902.
36. Lehmann, K., Die Methoden der praktischen Hygiene. Verlag von Bergmann. Wiesbaden 1901.
37. Lehmann und Nußbaum, Studien über Kalkmörtel und Mauerfeuchtigkeit. Arch. f. Hyg. Bd. 9.
38. Markl, Ein neuer Apparat für die aräometrische Bestimmung der Mauerfeuchtigkeit. Arch. f. Hyg. Bd. 34 u. 38. (Daselbst genaue Angabe der Methodik.)
39. Zeitschrift „Das Schulzimmer". Verlag P. Joh. Müller-Charlottenburg.

II. Abschnitt.

Versorgung der Räume mit Licht (Beleuchtung).[1]

I. Allgemeines.

a) Wirkung des Lichtes.

Unter allen militärischen Verhältnissen ist eine gute Beleuchtung von größter Bedeutung, sei es für Erreichung besonderer militärischer Ziele (Schießen, Patrouillendienst usw.), sei es, um, wie in geschlossenen Räumen, die meist gute Sehschärfe der Militärpersonen durch ungenügende Helligkeit nicht zu gefährden. Besonders in letzterem Falle muß die Hygiene ausreichende Lichtmengen fordern.

Unter Licht versteht man durch intensive Verbrennung bzw. Erhitzung entstehende Molekularschwingungen gewisser in der Flamme schwebender Stoffe. Diese Schwingungen, deren Zahl nach vielen Millionen in der Sekunde zählt, setzen den überall in der Natur vorhandenen Aether in wellenartige Bewegung von verschiedener Wellenlänge, die sich mit der ungeheuren Geschwindigkeit von 300 000 km in der Sekunde durch den ganzen, die Lichtquelle umgebenden Raum fortpflanzen.

1) Zusammenfassende Literatur am Schluß des Abschnitts S. 121.

Die Wellenbewegung (Strahlung) macht sich dem menschlichen Auge als Lichtempfindung bemerkbar, jedoch ist der Begriff des Sehens an die „Wellenlänge" gebunden: man sieht nur bei einer Wellenlänge von ca. 0,8 μ[1]) (rot) bis ca. 0,4 μ (violett). Größere Wellenlängen rufen andersartige Strahlung, hauptsächlich Wärmestrahlung hervor.

Hieraus erklärt sich, daß bei jeder Lichtentstehung durch Umsetzung von Energie nebenher, in verhältnismäßig sehr hohem Grade, auch eine Wärmeproduktion vorhanden sein muß; je geringer die meist störende Nebenerscheinung einer Wärmestrahlung ist, um so angenehmer und wirtschaftlicher ist die Beleuchtungsart.

In vielen Fällen wird nur 1 pCt. der zugeführten Energie in sichtbare Strahlen umgewandelt, während 99 pCt. für andere Strahlung verloren gehen.

Nach Untersuchungen von Rubner (1) wird von der gesamten beim Lichterzeugungsprozeß aufgewandten Energie verbraucht bei:

	für Licht	für Wärme
der Paraffinkerze	0,44 pCt.	99,56 pCt.
dem Gasschnittbrenner . .	0,35 „	99,65 „
„ Auerlicht	0,75 „	99,25 „
„ elektrischen Glühlicht .	7,14 „	92,86 „

Bei gleicher Lichtstärke strahlen nach Rubner auf 1 qm in 37,5 cm Abstand in 1 Minute Wärme in Mikrokalorien (= Erwärmung von 1 mg Wasser um 1°) aus:

Kerzen	10,81	Mikrokalorien
Petroleumlampen	14,44	„
Argandgasbrenner	7,27	„
Schnittgasbrenner	5,3—7,76	„
Elektrische Glühlampe . . .	2,63	„
Gasglühlicht	1,25	„

Die hierdurch für die Raumerwärmung abgegebene Kalorienzahl läßt folgende Tabelle nach Brüsch (3) erkennen, welche die von 1 HK. (Hefnerkerze) einer beliebigen Lichtquelle in einer Stunde erzeugten Kalorien angibt:

Stearinkerze	85,4	Kalorien
Wachskerze	72,5	„
Paraffinkerze	76,15	„
Petroleum[2])	41,20	„

1) $= \frac{1}{1000}$ mm.

2) Brennerform nicht angegeben.

Leuchtgas (Schnittbrenner)[1] . .	112,50	Kalorien
Azetylen	7.22	„
Spiritusglühlicht	10,48	„
Petroleumglühlicht	17,10	„
Elektrisches Glühlicht	4,50	„
„ Bogenlicht	5,20	„

Wenn auch in besseren Wohngebäuden manchmal eine stärkere Erhitzung durch die Beleuchtung als unangenehm empfunden werden dürfte, so kann unter Berücksichtigung der besonderen Militärverhältnisse schon jetzt gesagt werden, daß an und für sich durch die stärkere Wärmestrahlung der Petroleum- und Gasbeleuchtung keine nennenswerten hygienischen Nachteile zu erwarten sind, im Gegenteil in der kalten Jahreszeit eine nicht unerwünschte Raumerwärmung stattfinden kann. Die besonders mit der Petroleumbeleuchtung verbundene Luftverunreinigung muß allerdings dabei mit in Kauf genommen werden.

Die angenehmste Lichtquelle ist die Sonne, deren Helligkeitsmaximum bei dem durch das Spektrum zerlegten Strahlenbündel zwischen den roten und violetten Strahlen im „Grünen“ liegt; es ist aber bisher noch nicht gelungen, eine künstliche Lichtquelle zu finden, deren Wellen in annähernd demselben Verhältnis wie im Sonnenlicht vorhanden wären.

Wedding (4) setzt den Effekt, der bei Erzeugung von rein dunkelrotem Licht auf unser Auge ausgeübt wird, = 1, dann ist der Effekt bei der Erzeugung von:

hellrotem Licht . . .	=	1 200
orangefarbenem Licht .	=	1 400
gelbem Licht . . .	=	2 800
grünem „ . . .	=	100 000
blauem „ . . .	=	68 000
violettem „ . . .	=	1 600.

Die künstlichen Beleuchtungsarten haben mehr oder weniger Eigenfarben (blau, violett, gelb), die, von geringerer Wirkung auf die lichtempfindlichen Stellen im Augenhintergrund[2]), hiernach dem Sonnenlicht unterlegen sein müssen.

Andererseits wirkt ein Uebermaß von Licht, wie der Einfall des

1) Angaben über Gasglühlicht fehlen in dieser Tabelle.

2) Ueber Farbenblindheit und ihre Erkennung besonders unter Berücksichtigung militärischer Verhältnisse siehe Collin (6).

direkten Sonnenlichts in das Auge, schädlich und kann Verminderung der zentralen Sehschärfe hervorrufen. Erwähnt sei hier die „Schneeblindheit", bei der, unter der längeren Einwirkung einer glänzenden Schneefläche überreizt, der Augenhintergrund auf Netzhautbilder geringerer Lichtintensität nicht sogleich reagiert.

Für solche Fälle sind rauchschwache (graue) Augengläser empfehlenswerter als blaue, da erstere einen größeren Prozentsatz Licht zurückhalten können als letztere; aus demselben Grunde nimmt man zur Abhaltung direkter Sonnenstrahlung auch am besten — nicht gemusterte — dunkelgraue oder gelbliche Fenstervorhänge, die bis 99 pCt. des auffallenden Lichtes zurückhalten können [Gaertner (7)].

Umgekehrt kann ungenügende Helligkeit dem Auge dadurch Schaden bringen, daß infolge der Herabminderung der Sehschärfe die Gegenstände zu nahe an das Auge herangebracht werden.

Durch die angestrengte Akkommodation ermüdet das Auge, und bei häufiger Wiederkehr dieser Schädigung kann Kurzsichtigkeit die Folge sein.

Nach Rubner zeigt die Abnahme der Sehschärfe mit Verminderung der Helligkeit folgende Gesetzmäßigkeit:

Bei einer Lichtintensität = 1 ist Sn.[1]) 60 wahrnehmbar in 60 m Entfernung
" " " = 1/4 " " " " " 38 " "
" " " = 1/8 " " " " " 27 " "
" " " = 1/16 " " " " " 17 " "

Uhthoff[2]) gibt die Sehschärfe an:

bei 1/12 Meterkerze[3]) = 1/4
" 1 " = 1/2
" 10 Meterkerzen = 3/4
" 100 " = 1

Nach den augenärztlichen Beobachtungen von Hirsch (5) werden durch übergroße Helligkeitsmengen eher Augenkrankheiten erzeugt als durch zu geringe. Neben der allerdings durch ihre übergroße Lichtfülle blendenden Sonnenstrahlung ist das diffuse, reflektierte Himmelslicht (die natürliche Beleuchtung) das idealste Licht, dessen Wirkung alle künstlichen Beleuchtungsarten bis jetzt nicht erreicht haben.

Die Wirkungen des Lichtes auf das Auge bzw. die wünschens-

1) Sehtafel nach Snellen.
2) Nach Lehmann (8), S. 578.
3) Siehe S. 74.

werte Beleuchtungsstärke für den Schakt hängen neben der Zusammensetzung des Lichtes von der Lichtstärke ab, die sich durch Messung bestimmen läßt.

b) Einheit und Messung des Lichtes.

Als Einheit der Lichtstärke dient jetzt wohl allgemein das Hefnerlicht in der Ausführung einer Amylacetatlampe nach v. Hefner-Alteneck, welche mit reinem essigsauren Amyl ($C_5H_{11}O_2$) gefüllt ist und einen Docht von 25 mm Höhe trägt. Die Flamme soll 40 mm hoch brennen und die Lichtstärke, welche diese in reiner Luft bei festgesetzter Dochtstärke in wagerechter Richtung abgibt, nennt man Hefnerlicht oder -Kerze (HK.) oder Hefnereinheit (HE.).

Neben diesem Hefnerlicht[1]) wird als Lichteinheit auch die „Normalkerze" (NK.) angesehen, deren Helligkeit von einer Paraffinkerze (Schmelzpunkt 55° C) bei 50 mm Flammenhöhe und 7 g stündlichem Paraffinverbrauch geliefert wird. Das Verhältnis der Leuchtkraft beider Lichtarten ist = 1 : 1,162.

Die Intensität der Beleuchtung einer senkrechten weißen Fläche, die sich in 1 m Entfernung von der Flamme befindet, nennt man Meterkerze.

Messung des Lichtes.

Man hat die Messung der Lichtstärke, die von einer Lichtquelle ausgeht, und die der Helligkeit eines Raumes bezw. eines Platzes in diesem zu unterscheiden.

Die Messung der Lichtstärke mit hierzu dienenden Apparaten (Photometer) hat nur spezial-wissenschaftlichen Wert und wird unter militärischen Verhältnissen wohl kaum jemals ausgeführt werden.

Von größerer Bedeutung kann in militärischen Gebäuden, besonders in Kadettenanstalten, Unteroffizierschulen usw., gelegentlich die Bestimmung der Platzhelligkeit werden, wofür, wie später auszuführen, auch besondere Grenzwerte festgesetzt sind.

Die genauesten Resultate erhält man bei der Lichtmessung mit Webers Photometer (zu beziehen von Schmidt & Haensch-Berlin mit genauer Gebrauchsanweisung für 350 M.), doch will das Photometrieren geübt sein, wofür auf Spezialbücher verwiesen werden muß.[2]) Es gibt aber noch mehrere andere Methoden, mit denen jeder sich ein genügend genaues Urteil über die Platzhelligkeit bilden kann, die auch leicht zu

1) Die Karzellampe ist kaum mehr in Gebrauch.

2) Die Methodik ist bei Rubner (1), S. 250, Flügge (9), S. 358, Lehmann (8), S. 571 genau beschrieben.

erlernen und auszuführen sind; die früher hier und da benutzten lichtempfindlichen (photochemischen) Papiere (Aristopapier, Rhodaminpapier u. a.) sind zu ungleichmäßig und unzuverlässig, so daß sie keine Methode darstellen. [Gottschlich, Reichenbach, Wolpert (10).]

1. Der Raumwinkelmesser von L. Weber (11).

Der Webersche Raumwinkelmesser (Abb. 21) dient zur Messung des sichtbaren Teils des lichtspendenden Himmelsgewölbes, ist also nur für solche Räume geeignet, bei denen diese Bedingung erfüllt ist. Bei dem erhaltenen Resultat ist aber zu berücksichtigen, daß das von den Wänden reflektierte Licht nicht mitgemessen wurde; auch ist die Messung in den Fällen nicht leicht, wo die lichtgebende Himmelsfläche durch vorstehende Bäume mehr oder weniger verdeckt wird.

Wenn ein Platz von verschiedenen Stellen, z. B. beim Vorhandensein mehrerer Fenster, seine Tagesbeleuchtung erhält, so ist die Messung auch dieser Flächen vorzunehmen.

Eine zufriedenstellende Helligkeit ist anzunehmen, wenn bei Beachtung nachfolgender Beschreibung mindestens 50 Quadratgrade gemessen werden, die an einem trüben Tage etwa 10 Meterkerzen entsprechen[1][2]).

A. Der Zweck des Apparates.

Die Verschiedenheit in der Beleuchtungsgüte verschiedener Arbeitsplätze hängt von der Größe und Lage der Fensteröffnungen und des durch diese direkt sichtbaren Teiles des Himmelsgewölbes ab. Je größer das von dem Tischplatze aus sichtbare Stück des Himmels ist und je steiler das direkt von hier kommende Licht auf den Tisch fällt, desto besser ist der Platz vom Tageslicht beleuchtet.

Hiernach ist der Zweck des Apparates: 1. die Größe des sichtbaren Himmelsstückes auszumessen, und 2. den Elevationswinkel zu messen, unter welchem das direkte Himmelslicht auf den Tischplatz fällt.

Die Größe oder der Raumwinkel jenes Himmelsstückes Ω wird nach Quadratgraden ausgemessen, der Elevationswinkel α nach gewöhnlichen Bogengraden und das Produkt

$$\omega = \Omega \sin \alpha$$

wird der reduzierte Raumwinkel genannt.

Nach den Untersuchungen von Herm. Cohn in Breslau muß der so berechnete reduzierte Raumwinkel für einen hygienisch noch brauchbaren Platz mindestens 50 Quadratgrade betragen.

Zur Erläuterung denke man sich von einem Punkte des zu untersuchenden Tischplatzes gerade Linien an die Konturen des Fensters beziehungsweise der den freien Himmel sonst begrenzenden Linien, wie Dachkanten, Baumkronen etc., gezogen. Hierdurch wird ein räumlicher Winkel, d. h. eine Art Konus oder Pyramide gebildet, welche ihre Spitze in dem Tischplatze und eine um so weitere Oeffnung hat, je größer das sichtbare Himmelsstück ist. Als Maß für diese räumliche Oeffnung dient eine rechtwinkelige Pyramide, deren Kanten an der Spitze einen Winkel von 1 Grad bilden. Die Oeffnung dieser sehr spitzen Pyramide heißt 1 Quadratgrad und ist die Einheit für den Raumwinkel.

Die auf der Tischfläche hervorgebrachte Helligkeit ist nun proportional der Größe des Himmelstückes nach Quadratgraden gemessen und ferner proportional mit dem Sinus des Elevationswinkels (Winkel zwischen Lichtstrahlen und Tischfläche).

B. Die Konstruktion und Wirkungsweise des Apparates.

beruht darauf, daß mittelst einer Linse ein Bild der Fensteröffnung auf eine in gleiche Quadrate geteilte Papierscheibe geworfen wird. Zieht man nämlich von den Randpunkten des auf dem Papier sichtbaren hellen Himmelsbildes gerade Linien nach dem Mittelpunkte der Linse, so bilden diese Linien genau denselben räum-

1) Rubner (1), S. 245; Lehmann (8), S. 566.
2) Der Apparat kostet etwa 50 Mk. (Fr. Schmidt und Haensch-Berlin).

lichen Winkel wie diejenigen Strahlen, die von den Randpunkten des Fensters nach dem Mittelpunkte der Linse, oder, was auf nahezu das gleiche Resultat herauskommt, nach einem Punkte der Tischfläche gezogen werden, und deren räumlichen Winkel man zu messen hat. Richtet man nun die Größe der Quadrate in bestimmtem Verhältnis zu der Brennweite[1]) der Linse ein, so hat man nur nötig, die Anzahl derjenigen Quadrate des Papieres zu zählen, welche von dem hellen Himmelsbilde bedeckt werden. Diese Zahl gibt die Größe des zu messenden Raumwinkels in Quadratgraden an. Es ist dies der rohe, nicht reduzierte Raumwinkel Ω. Wenn man ferner den Apparat gleichzeitig so aufgestellt hat, daß das helle Fensterbild auf die durch einen Stift markierte Mitte der Papierscheibe fällt, so gibt die Linie: Linsenmitte—Stift zugleich die mittlere Richtung der Lichtstrahlen an und man liest den Winkel α dieser Richtung gegen die Horizontalebene an einem Gradbogen ab.

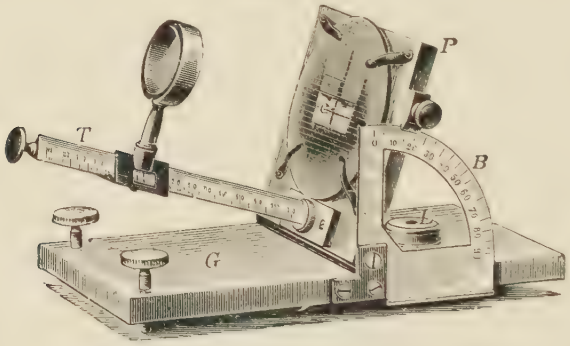
C. Die Handhabung des Apparates.

Aus der Abbildung 21 ist mit einem Blick zu entnehmen, in welcher Weise man den Apparat durch Aufklappen der Holzplatte P und des Gradbogens B sowie durch Einschrauben des dreikantigen Linsenträgers T zusammensetzt.

Auf dem zu untersuchenden Tischplatze wird der Apparat so aufgestellt, daß

1. das Grundbrett G horizontal ist, was mit Hilfe der Libelle L kontrolliert und durch die Fußschrauben bewirkt wird.
2. ein scharfes Bild des Fensters auf dem Papier entworfen wird, was man durch Verschieben der Linse erreicht.
3. der Zentrumstift c in die Mitte des hellen Himmelsbildes fällt, was nach Schätzung einzustellen ist durch Drehung der Platte P am Gradbogen B.

Abbildung 21.



Der Raumwinkelmesser von L. Weber.

Nach Beendigung dieser Aufstellung umfährt man mit einem Bleistift die Konturen des hellen Himmelsbildes und nimmt zur Auszählung der in dem Bilde enthaltenen Quadrate das Papierblatt ab, um es für eine zweite Messung sofort durch ein neues zu ersetzen. Man liest die Linsendistanz l an dem Linsenträger T und den Elevationswinkel α an dem Gradbogen ab.

Befindet sich der untersuchte Platz in großer Nähe vom Fenster, so werden die Bilder der einzelnen Fensterscheiben bereits recht groß. Man mißt dann das Bild jeder Scheibe für sich aus.

D. Die Berechnung des Raumwinkels.

Die direkte Auszählung der Quadrate möge die Zahl N ergeben. War der Linsenabstand l nicht $= 11{,}46$ cm, so multipliziert man N mit $\frac{11{,}46 \times 11{,}46}{l^2}$ und erhält $\Omega = N \cdot \frac{11{,}46^2}{l^2}$

1) Bei einer Brennweite von 11,459 cm hat jeder Quadratgrad genau 2 mm Seitenlänge.

Zur Erleichterung dieser Rechnung kann man die folgende Tabelle 1 benutzen:

Tabelle 1.

Die Zahl N der abgelesenen Raumgrade ist:

bei einem Linsenabstande l von	zu multiplizieren mit	**oder** zu vermindern um
11,5 cm	0,993	1 pCt.
11,6 „	0,976	2 „
11,7 „	0,959	4 „
11,8 „	0,943	6 „
11,9 „	0,928	7 „
12,0 „	0,912	9 „
12,1 „	0,897	10 „
12,2 „	0,882	12 „

Der so gefundene, in Bezug auf l korrigierte Raumwinkel Ω wird mit dem Sinus des abgelesenen Winkels α multipliziert. Hierzu dient umstehende Tabelle 2.

Beispiel. Der zu untersuchende Platz empfängt von zwei verschiedenen Fenstern aus direktes Himmelslicht.

Erstes Fenster. Einstellung der Linse zur Erzielung eines scharfen Bildes bei $l = 11{,}9$ cm. Auszählung der von dem Bilde bedeckten Quadratgrade $N = 250$. Multiplikation dieser Zahl (s. Tab. 1) mit 0,928 gibt $\Omega = 232$ (oder Subtraktion von 7 pCt. gibt 232,5). Am Gradbogen abgelesen $\alpha = 12^0$. Demnach lautet Tabelle 2

Ω	ω für 12^0
200	41,6
30	6,2
2	0,4
232	**48.2** $= \omega_1$

Zweites Fenster. $l = 11.7$; $N = 90$; $\alpha = 8^0$
$\Omega = 86$

Ω	ω für 8^0
80	11,1
6	0.8
86	**11,9** $= \omega_2$

Die Summe $\omega_1 + \omega_2$, also $48{,}2 + 11{,}9 = \mathbf{60{,}1}$ gibt den totalen reduzierten Raumwinkel für den untersuchten Platz.

2. Der Wingensche Helligkeitsprüfer[1]) (Abb. 22).

Bei diesem Apparat kommt eine Benzinflamme als zu vergleichende Lichtquelle in Anwendung, deren Höhe sich regulieren läßt; verglichen wird, ähnlich dem Prinzip des Weberschen Photometers, die Helligkeit einer weißen Tafel auf dem zu untersuchenden Platz mit der Helligkeit einer zweiten weißen Tafel, die ausschließlich von der Benzinflamme mit bekannter Lichtintensität beleuchtet wird.

1) Zu beziehen von Krüß, Hamburg. Preis ca. 26 M.

Tabelle 2.

α	Ω								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
5°	8,7	17,4	26,1	34,9	43,6	52,3	61,0	69,7	78
6°	10,5	20,9	31,4	41,8	52,2	62,7	73,2	83,6	94
7°	12,2	24,4	36,5	48,7	60,9	73,1	85,3	97,5	110
8°	13,9	27,8	41,7	55,7	69,6	83,5	97,4	111	125
9°	15,6	31,3	46,9	62,5	78,2	93,9	109	125	141
10°	17,4	34,7	52,1	69,5	86,8	104	121	139	156
11°	19,1	38,1	57,2	76,3	95,4	114	134	153	172
12°	20,8	41,6	62,4	83,1	104	125	145	166	187
13°	22,5	45,0	67,5	90,0	112	135	157	180	202
14°	24,2	48,4	72,6	96,8	121	145	169	194	218
15°	25,9	51,7	77,6	103	129	155	181	207	233
16°	27,6	55,1	82,7	110	138	165	193	220	248
17°	29,2	58,5	87,7	117	146	175	205	234	262
18°	30,9	61,8	92,7	124	154	185	216	247	278
19°	32,6	65,1	97,6	130	163	195	228	260	293
20°	34,2	68,4	103	137	171	205	239	274	308
21°	35,8	71,6	107	143	179	215	251	287	322
22°	37,5	74,9	112	150	187	225	262	300	337
23°	39,1	78,1	117	156	195	234	273	313	352
24°	40,7	81,3	122	163	203	244	285	325	366
25°	42,3	84,5	127	169	211	253	296	338	380
26°	43,8	87,6	131	175	219	263	307	351	394
27°	45,4	90,8	136	182	227	272	318	363	408
28°	46,9	93,9	141	188	235	282	329	376	422
29°	48,5	96,9	145	194	242	291	339	388	436
30°	50,0	100	150	200	250	300	350	400	450
32°	53,0	106	159	212	265	318	371	424	477
34°	55,9	112	168	224	279	335	391	447	503
36°	58,8	117	176	235	294	353	411	470	529
38°	61,6	123	185	246	308	369	431	492	554
40°	64,3	128	193	257	321	386	450	514	578
42°	66,9	134	201	268	334	401	468	535	602
44°	69,5	139	208	278	347	417	486	556	625
46°	71,9	144	215	288	359	431	504	575	646
48°	74,3	149	223	297	371	446	520	595	669
50°	76,6	153	230	306	383	460	536	613	689
55°	81,9	164	246	328	409	491	573	655	737
60°	86,6	173	260	346	433	519	606	693	779
65°	90,6	181	271	362	453	542	634	725	814
70°	94,0	188	282	376	470	564	658	752	846
75°	96,6	193	290	386	483	580	676	773	869
80°	98,5	197	295	394	492	591	689	788	886
85°	99,6	199	299	398	498	598	697	796	897
90°	100,0	200	300	400	500	600	700	800	900

Ist der Apparat richtig geeicht, so stimmen nach Wolpertschen Untersuchungen die gefundenen Resultate mit denen am Weberschen Photometer gewonnenen überein.

Wolpert gibt über den handlichen und von jedem leicht benutzbaren Apparat folgende Beschreibung:

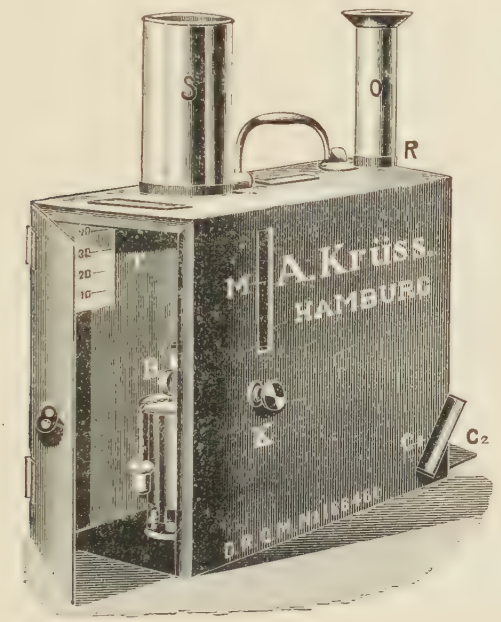
Der Wingensche Helligkeitsprüfer soll es ermöglichen, in schneller und einfacher Weise die Helligkeit eines Arbeitsplatzes zwischen den Grenzen von 10 und 50 Meterkerzen, in Stufen von 10 zu 10 Meterkerzen fortschreitend, zu bestimmen.

Der Apparat enthält eine Benzinlampe *B*, welche in einem am Boden

befindlichen Ringe steht, und deren Docht durch einen Knopf K, welcher nach außen aus dem Kasten herausragt, bewegt werden kann.

Von der Flammenhöhe der Benzinlampe hängt die Helligkeit, welche in dem Apparate erzeugt wird, ab. Nachdem man die Lampe bei geschlossener Kastentür 5 bis 10 Minuten hat brennen lassen, wird sie mit Hilfe einer einfachen Visiervorrichtung eingestellt. Dieselbe besteht aus dem auf einem schmalen Glasfenster angebrachten Strich M und einer auf der gegenüberliegenden Innenwand befindlichen Teilung T, auf welcher fünf Striche mit den Bezeichnungen 10, 20, 30, 40, 50 zu

Abbildung 22.



Der Wingensche Helligkeitsprüfer.

sehen sind; die Abstände werden von unten nach oben größer. Stellt man die Flammenspitze so ein, daß sie in der Verbindungsebene des Striches M auf dem Glasfenster mit einem der fünf Striche liegt, so hat die Benzinflamme eine solche Intensität, daß sie an der Vergleichsstelle eine Helligkeit von 10, 20, 30, 40, 50 Meterkerzen erzeugt.

Die Vergleichsfläche bildet der durch einen schrägen Schlitz in den Kasten geschobene Karton C_1, während ein ähnlicher Karton C_2, welcher die zu prüfende Beleuchtung des Arbeitsplatzes aufnehmen soll, auf einem Schieber befindlich ist, den man zum Gebrauch aus dem Kasten herauszieht, nach gemachtem Gebrauch aber wieder hineinschiebt, um ihn gegen Staub und dergleichen zu schützen. Beide Kartons sind aus einem und demselben Stücke geschnitten und von Zeit zu Zeit durch neue, saubere Stücke zu ersetzen, wobei darauf zu achten ist, daß der Karton nicht blank, sondern matt zu sein hat.

Bei R befindet sich ein rotes Glas, durch welches die Beleuchtung der beiden Kartons beobachtet und miteinander verglichen werden kann und zwar durch das aufzusetzende Okular O, durch welches störendes Seitenlicht ferngehalten wird.

Will man mit dem Helligkeitsprüfer feststellen, ob ein Arbeitsplatz eine bestimmte Helligkeit von 10, 20, 30, 40 oder 50 Meterkerzen hat, so stellt man die Flammenspitze durch Visieren über den Strich M auf den betreffenden Strahlenteil ein, stellt den Apparat nach Herausziehen des Kartons C_2 mit diesem auf die

Mitte des Arbeitsplatzes und vergleicht durch das Beobachtungsrohr O und das rote Glas die Helligkeit der beiden Kartons miteinander. Erscheint der äußere Karton heller als der innere, so hat er eine größere Flächenhelligkeit als diejenige, auf welche die Flamme eingestellt ist, und erscheint er dunkler, so hat er eine geringere.

Man kann mit diesem Apparat beispielsweise die sämtlichen Plätze einer Schulklasse in kurzer Zeit auf ihr Helligkeitsmaß prüfen und sich ein zutreffendes Bild von der Helligkeitsverteilung verschaffen. Nach Wingen tritt man in die einzelnen Bänke einer Schulklasse vom Fenster ab ein und schiebt den Kasten solange in der Richtung vom Fenster weg über die Pultfläche hin, bis der Beobachter von oben her Helligkeitsgleichheit in den beiden Hälften des roten Glases erkennt. Die endgültige Feststellung wird wesentlich erleichtert, wenn man, sobald die Gleichheit annähernd vorhanden ist, den Kasten etwa 50 cm nach der einen und dann ebensoviel nach der anderen Seite rückt. Dabei zeigt sich bald die eine, bald die andere Hälfte des roten Glases heller, und die Mitte, wo volle Gleichheit herrscht, wird alsdann rasch gefunden.

3. Pfeiffers Lichtmesser.

Pfeiffers Lichtmesser, der wie ein Mikroskop mit einem Tubus, einer Okularlinse und mit einer festen, einige Oeffnungen tragenden Scheibe und einer Irisblende an dem Tubus ausgestattet ist, ermöglicht, aus der mehr oder weniger zu öffnenden, dementsprechend mit einer Meterkerzenskala versehenen Irisblende, je nach der vorhandenen Helligkeit die Oeffnungen zu erkennen und zu zählen. Nach den Erfahrungen von Hoffmann leidet der Apparat zu sehr an dem subjektiven Beurteilungsvermögen und hängt in gewissem Grade auch von der Sehschärfe des Untersuchers ab, so daß er trotz des Vorteils, die Untersuchungen ohne eine künstliche Lichtquelle ausführen und die reine optische Helligkeit feststellen zu können, nicht für alle Fälle zu empfehlen ist.

Für eine Orientierung genügt schließlich auch die Feststellung, ob ein normales Auge die üblichen Probebuchstaben bzw. Punkte (Sehtafeln) noch in den vorgeschriebenen Entfernungen (6 m) zu lesen vermag; geht dies nicht, so genügt die Beleuchtung nicht.

Die nötige Lichtmenge vom Standpunkt der Hygiene.

Sowohl für die natürliche als künstliche Beleuchtung forderte der bekannte Augenarzt und Hygieniker Hermann Cohn in Breslau für einen guten Arbeitsplatz möglichst eine Helligkeit von 50 Meterkerzen, jedoch bezeichnet er ausdrücklich 10 Meterkerzen (gemessen durch ein rotes Glas hindurch) als das Minimum, welches erforderlich sei, um ohne Schädigung der Augen lesen zu können.

Nach Rubner ist der Gewinn von 10 bis 50 Meterkerzen an Erleichterung der Arbeit ein sehr mäßiger und rechtfertigt in den meisten Fällen ein Hinausgehen über die Lichtmenge von 10 Meterkerzen nicht.

Wird aber die Lichtmenge nicht nur für jenen Lichtanteil, welcher durch eine rote Glasplatte hindurchgeht, berechnet sondern für alle Spektralanteile, also für die Gesamthelligkeit, so kommen in Wirklichkeit noch die anderen, im Tageslicht enthaltenen Farben hinzu d. h. ein Faktor, den Weber mit 2,5 berechnet, so daß 10 Meterkerzen in Rot etwa 25 Meterkerzen Tageslicht entsprechen.

Die von den bekannten Lichtquellen abgegebene Lichtstärke ist, — ohne Berücksichtigung ihrer Entfernung von einem Arbeitsplatz — ebenso wie das Tageslicht, natürlich sehr verschieden. Folgende Tabelle gibt einen ungefähren Anhalt:

1 Kerze	ca.	1	Normalkerze
Petroleumlampe	„	50—110	Normalkerzen
Gasflamme	„	10—30	„
Gasglühlicht, Argandbrenner, Azetylenlicht	„	bis 150	„
Elektrisches Glühlicht	„	8—500	„
Bogenlampe	„	450—3000	„
Preßgas mit besonderem Brenner[1])	„	1000—4000	„ .

Abgesehen von der Kerze läßt sich hiernach mit jeder der angeführten Beleuchtungsarten eine Helligkeit von 25 Meterkerzen erreichen.

c) Natürliche Beleuchtung.

Bei der natürlichen Beleuchtung kommt sowohl die Helligkeit im Freien wie das zur Erhellung der Räume dienende Tageslicht in betracht.

Die mittlere Intensität der Helligkeit im Freien ist natürlich sehr verschieden, da sie von der Jahreszeit, Bewölkung, Zusammensetzung der Atmosphäre und der Höhenlage des Orts abhängt; sie schwankt nach Messungen von Weber in Kiel zur Mittagszeit zwischen ca. 5000 Meterkerzen im Dezember und ca. 60 000 im Juli.

Eine genauere Methodik gibt neuerdings v. Esmarch (13) an.

Die Helligkeit eines Raumes durch die Tagesbeleuchtung hängt ab:

1. Von dem Verhältnis der Fensterfläche zu der Bodenfläche des Raumes. Nach der Garnisongebäudeordnung[2]) soll die Fensterfläche etwa $^1/_8$ der Zimmerfläche betragen. In Räumen, in denen viel gelesen und geschrieben wird, wie in Kadettenanstalten, Geschäftszimmern und dergl. muß die Fensterfläche aber größer sein; hier wird nach Abrechnung der Fensterkreuze, Vorhänge usw. etwa $^1/_4$ bis $^1/_6$ verlangt.

Wichtig ist, die Fenster möglichst bis zu der Decke hinaufreichen zu lassen und alle Verdunkelungsvorrichtungen hinter den Mauerpfosten anzubringen. Die Fensterkreuze nehmen nach v. Esmarch

1) Auf einigen Straßen Berlins für 1000 K. 400 Liter Gas; auf anderen findet man neben elektrischem Licht hängendes Gasglühlicht.

2) § 7. 1.

manchmal ein Drittel der ganzen Fensterfläche ein, besonders bei Bauten (Krankenhäuser und Erholungsheime), die eine größere Anzahl Fensterkreuze nach dem Landhausstiel haben; wenn auch solche Gebäude meist freiliegen, so tritt hierbei das Praktische doch hinter dem Schönen — worüber man auch noch verschiedener Meinung sein kann — zurück. Ebenso geben rechteckige Fenster mehr Licht als Bogenfenster.

Auch die Fensterbreite ist von Bedeutung; je schmaler die Fensterpfeiler eines Hauses sind, um so größer ist die Fensterfläche. Aus äußeren Gründen sind größere Fensterflächen bei militärischen Bauten nicht anzubringen; vielleicht käme sie für Lazarette in betracht, wenn auch die Raumerwärmung hierdurch im Winter etwas kostspieliger wird, und eine zu große Helligkeit für Kranke auch störend sein kann.

2. Von dem Einfallswinkel der Lichtstrahlen.

Unter dem Einfallswinkel versteht man den Winkel, der einmal von einer Linie, die man sich von dem auf Helligkeit zu untersuchenden Platz nach der oberen Fensterkante gezogen denkt, und zweitens der Horizontalen gebildet wird.

Je größer dieser Winkel ist, je steiler also der obere Schenkel des Einfallswinkels verläuft, um so näher liegt der Platz dem Fenster, um so größer ist seine Helligkeit. Je tiefer ein Zimmer ist, auf eine um so größere Fläche verteilt sich das einfallende Licht, und die Helligkeit nimmt im Quadrat der Entfernung vom Fenster ab.

Nach Flügge[1]) soll das Minimum etwa 27° betragen und die Zimmertiefe nicht mehr als das Doppelte der Fensterhöhe, nach v. Esmarch und Emmerich u. Trillich das Einundeinhalbfache der Entfernung der oberen Fensterkante vom Fußboden betragen.

Nach Hiller (14) findet man gerade in Kasernen manchmal Mannschaftsstuben, die sehr tief sind und an einer Seite die Fenster, an der anderen die Korridorwand aufweisen; wenn in solchen Fällen in dem oberen Teil dieser Wand Fensterscheiben eingesetzt würden, so könnte zweifellos noch Licht von dem meist sehr hellen Korridor den Mannschaftsstuben zu gute kommen. Allerdings ist auch zu berücksichtigen, daß die Mannschaften tagsüber nur wenig Zeit zum Lesen und Schreiben haben dürften und meist abends auf die wohl auch nicht ganz ausreichende künstliche Beleuchtung angewiesen sind.

3. Von dem Oeffnungswinkel, der das freie Himmelstück, welches das Licht in den Raum reflektiert, in vertikaler Ausdehnung darstellt.

Der Oeffnungswinkel wird durch eine untere, von dem zu untersuchenden Platz nach der oberen Kante des gegenüberliegenden Hauses gezogene Linie und zweitens durch eine obere von demselben Platze nach der oberen Fensterkante gezogenen und entsprechend verlängerten Linie begrenzt.

Hierbei spielt die Höhe der gegenüberstehenden Häuser, Bäume u. a. eine große Rolle, da sie verursachen können, daß der Oeffnungs-

1) (9) S. 354.

winkel von Räumen im Erdgeschoß = 0 wird. Je höher das Stockwerk im Hause, um so größer der Oeffnungswinkel. Bei freistehenden Häusern, wie den neuzeitigen Kasernen, Lazaretten, Baracken ist auch im Erdgeschoß der Oeffnungswinkel genügend groß (4°), vorausgesetzt, daß nicht zu hohe und dichte Bäume das Himmelsgewölbe größtenteils verdecken.

Nach Rubner soll in Schulen (Kadettenhäusern) jeder ein Stück des Himmels sehen können[1]).

4. Von dem Anstrich der Wände, Decken, Türen und Oefen u. a.

Je heller die Farbe, um so stärker wird das Licht reflektiert und um so weniger wird absorbiert.

Es reflektiert nach Sumpner (14):

gelbgetünchte Wand (rein) . . .	40 pCt.
„ „ (schmutzig) .	20 „
gelbe Tapete	40 „
blaue „	25 „
dunkelbraune Tapete	13 „
helles Tannenholz	40—50 „
schwarzes Tuch	1—2 „

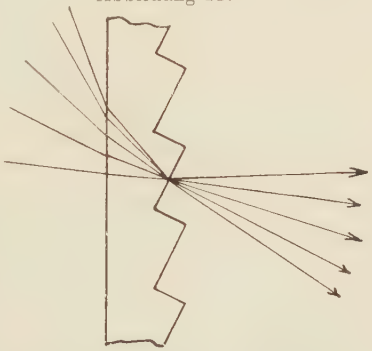
Durch eine schmutzige, angeräucherte Decke, wie man sie in Wachstuben, Kasernenräumen usw. hier und da findet, kann die Gesamthelligkeit des Raumes um über $^1/_3$ vermindert werden.

Wegen Neuanstrich usw. siehe S. 39.

Verstärkung der Tagesbeleuchtung in dunklen Räumen und die Ablenkung zu starken Lichtes.

In älteren Kasernen, Arrestanstalten mit engen Höfen, Kasematten, bewohnten Kellerräumen, oder wo sonst ein Raum nicht die wünschenswerte Tagesbeleuchtung hat, ist es möglich, anstatt dauernder Anwendung einer künstlichen Beleuchtung, das Tageslicht durch ein System von Prismen außerhalb des Fensters in den Raum zu werfen (Abb. 23 und 24 nach Praußnitz) und die Raumhelligkeit zu erhöhen.

Abbildung 23.



Wirkung von Glasprismen zur Erhellung dunkler Räume mit Tageslicht.

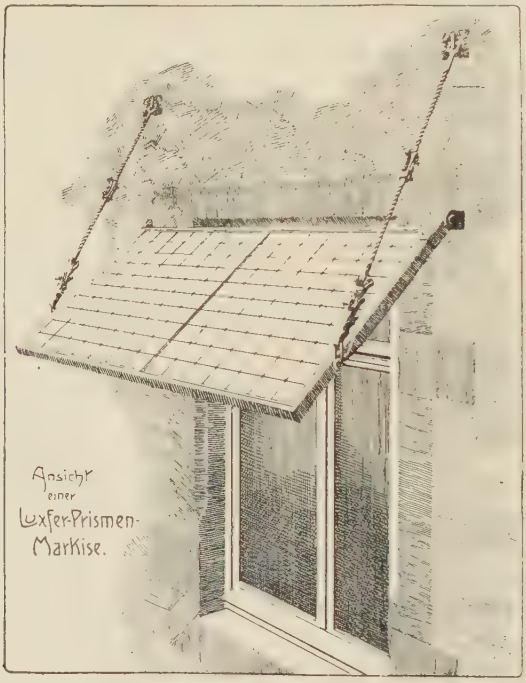
Diese und ähnliche Anlagen,

1) (1) S. 245.

die z. B. in dem Anbringen von Reflektoren mit geriffeltem Glas bestehen, sind nicht preiswert und werden für militärische Verhältnisse wohl nur selten in Frage kommen; immerhin können sie in Betracht gezogen werden, wenn hierdurch ein Raum bewohnbar oder als Geschäftszimmer ausnutzbar gemacht werden kann. Bei der Beurteilung des Anschaffungspreises wären die in Wegfall kommenden oder sich verringernden Kosten für etwaige künstliche Beleuchtung zu berücksichtigen.

Eine häufigere Reinigung der Prismenglasplatte von Staub ist nötig.

Abbildung 24.



Die Abblendung zu gewaltiger Helligkeit kann in verschiedener Weise geschehen.

Schon weiße, gewöhnliche Vorhänge gewähren einen weitgehenden Schutz, weiße Baumwollvorhänge nehmen etwa 80 pCt. der Lichtmenge weg; die grauen Stabrouleaux fast 90 pCt.

Die Fenstervorhänge sollen gleichfarbig und von glattem Stoff sein, damit sie das Licht gleichmäßig zurückhalten bzw. durchlassen und möglichst wenig Staub aufnehmen und festhalten.

Besonders hoch sind die Lichtverluste bei den üblichen Ausführungen der Brettchenvorhänge, die aus praktischen Gründen an

den Außenseiten des Fensters angebracht werden müssen, damit sie außerdem noch die Erwärmung der Glasscheiben mildern (siehe auch S. 50 und G. G. § 7, 4).

d) Die künstliche Beleuchtung.

Allgemeine Einteilung.

Als Ersatz für die natürliche Beleuchtung (Tagesbeleuchtung) kommen auch für militärische Verhältnisse die verschiedenen Arten der künstlichen Beleuchtung in Betracht, von der einfachen Stearinkerze, wie sie in Manöverzelten benutzt wird, bis zu der neuzeitigen elektrischen Glühbirne oder Bogenlampe, die in Militärlazaretten bzw. größeren militärischen Versammlungsräumen aus gesundheitlichem bzw. ökonomischem Interesse Helligkeit spenden.

Wie bereits in dem Abschnitt „Allgemeines“ (S. 70) dargetan, entsteht Licht durch Erwärmung irgend eines Stoffes auf hohe Temperaturen.

Nach der Art ihrer Entstehung kann man die künstlichen Beleuchtungsarten nach Brüsch (3) folgendermaßen einteilen[1]):

I. Die Erwärmung wird durch Verbrennen von Kohlenwasserstoffen bewirkt:

a) Das Licht geht von dem in der Flamme schwebenden Kohlenwasserstoff aus (Auto-Inkandeszenzbeleuchtung).
   1. Streichhölzer und Kerzen.
   2. Oellampen.
   3. Petroleumlampen.
   4. Ligroïnlampen.
   5. Gewöhnliches Gaslicht. Wassergas.
   6. Azetylengasbeleuchtung.

b) Das Licht geht von einem in die (Heiz-) Flamme gebrachten, hohen Temperaturen widerstehenden, nicht weiter verbrennenden (Glüh-) Körper aus (Glühlicht, Inkandenszenzbeleuchtung).
   1. Auersches Glühlicht und seine Abarten.

α) Gasglühlicht
- Gewöhnliches Auerlicht.
- Regenerativsysteme.
- Intensivlampen (Lukaslampen).
- Invertlampen.

1) Die Lumineszenzbeleuchtungen (= Lichterscheinungen, die stärker sind, als es der betreffenden Temperatur entspricht) z. B. Quecksilberdampflampen bleiben, weil sie sich wegen ihrer blauvioletten Strahlen noch nicht hinreichend praktisch bewährt haben und mehr Verwendung zu therapeutischen Zwecken finden, außer Betracht.

β) Aërogengasglühlicht.
γ) Spiritusglühlicht.
δ) Petroleumglühlicht.
2. Kalklicht (CaO), Zirkonlicht (ZrO), Magnesiumlicht (MgO) usw.

II. Die Erwärmung wird durch den elektrischen Strom bewirkt:
a) Elektrisches Glühlicht. Erwärmt werden
1. Kohlefäden (Edisonlampe).
2. Osmium.
3. Tantal.
4. Osram.
5. Magnesiumoxyd und andere seltene Erden (Nernstlampe).
b) Elektrisches Bogenlicht.
1. Gewöhnliche Bogenlampen.
2. Dauerbrandlampen.
3. Flammenbogenlampen.

Die künstlichen Beleuchtungsarten unter Berücksichtigung militärischer Verhältnisse.

Für militärische Zwecke steht die Beleuchtung mit Petroleum, Leuchtgas und — unter Berücksichtigung der Kriegsverhältnisse — mit Azetylengas von allen Beleuchtungsarten zweifellos im Vordergrund. Hierbei wird auf die bei den einzelnen Beleuchtungsarten und im Kapitel „Hygienische Betrachtungen der künstlichen Beleuchtungsarten unter Berücksichtigung der Kosten“ (S. 116) angegebenen Begründungen hingewiesen.

Es erscheint hiernach wohl berechtigt, gerade auf diese Lichtquellen in einem Lehrbuch der Militärhygiene ausführlich einzugehen, während über andere Beleuchtungsarten z. B. das elektrische Licht nur das Wissenswerte mit besonderer Berücksichtigung der praktischen Bedürfnisse anzuführen ist.

1. Die Kerzenbeleuchtung.

Die Kerzenbeleuchtung stellt nach dem Streichholz von den Verwendungsarten fester Leuchtstoffe eine äußerst primitive Beleuchtung dar; trotzdem wird sie im täglichen Leben wie auch im militärischen Betrieb, z. B. im Manöver, in Biwaks, wegen ihrer Einfachheit, leichten Transportfähigkeit, der ausgeschlossenen Explosionsgefahr und der meist vollständig gefahrlosen Verbrennung zu Wasser und Kohlensäure nicht nur in Zelten, sondern auch an Fahrzeugen in der Form verschiedenartiger Laternen gebraucht, sie werden aber auch

bei kirchlichen Feiern in den Lazaretten [Wachskerzen[1])] verwendet und für den Fall einer Betriebsstörung anderer Beleuchtungsanlagen (Gas, elektrisches Licht) vorrätig gehalten [Stearinkerzen[2])].

Bei unvollkommener (rußender) Verbrennung, wie sie besonders bei Talglichtern auftritt, entwickelen sich Kohlenoxyd, Stearinsäure, Oleïnsäure, Fettsäure (Acroleïn), Essigsäure und andere flüchtige Substanzen, welche den nicht immer angenehmen Geruch der Kerzen verursachen. Die Nachteile der Kerzen machen sich noch in viel höherem Grade bei den harzreichen „Fackeln" bemerkbar, in deren dichtem, stark reizenden Rauch auch viele unvollkommene Verbrennungsprodukte weggehen.

Die erzeugte Helligkeit genügt allerdings kaum zum Schreiben und Lesen, eigentlich nur zum Orientieren; wollte man z. B. durch Wachskerzen die Helligkeit einer Petroleumlampe oder eines Gasglühlichtes erzielen, so müßte man für 1 Stunde nach Brüsch etwa 1 bezw. 3,76 M. für Kerzen bezahlen. Kerzenbeleuchtung ist hiernach eine Luxusbeleuchtung.

Ferner ist die Wirkung des Lichts auf die Augen wenig hygienisch, da die Flamme meist, auch unter dem Einfluß der verschiedenen Temperatur der Luftschichten, in ständiger Bewegung ist.

Folgende Tabelle nach Brüsch gibt Aufschluß über die Lichtstärke, den stündlichen Materialverbrauch und die Kosten der verschiedenen Kerzenarten:

Lichtquelle	Lichtstärke HK.	stündlicher Materialverbrauch	Kosten für 500 g	Kosten d. Flamme für die Stunde
1. Talgkerze	0,844	12,3 g	0,80 Mk.	1,97 Mk.
2. Wachskerze . . .	1,07	8,4 g	3,00 „	5,04 „
3. Stearinkerze[2]) . . .	1,13	7,65 g	0,75 „	1,15 „
4. Stearin-Ceresinkerze	1,10	9,85 g	0,85 „	1,67 „
5. Paraffinkerze[3]) . .	1,20	6,96 g	0,60 „	0,84 „

2. Die Beleuchtung mit Oel.

Zu der Beleuchtung mit Oelen, wie sie z. B. noch in dem russisch-japanischen Krieg in den Erdhütten zur Verwendung kam, werden fette Oele (Raps-, Rüb-, Baum-, Mohnöl u. a., Fischtran) verwandt, die, weil sie im Docht schwerer kapillar hochsteigen, meist in so-

1) Wachsfackeln sind bei dem Kavalleriesanitätswagen und dem Sanitätsvorratswagen vorhanden. F. S. O. § 212 und Beil. 41.

2) Aus reiner Stearinsäure $C_{18}H_{36}O_2$ hergestellt, die aus Rindstalg gewonnen wird; häufig gemischt mit Palmitinsäure ($C_{16}H_{32}O_2$).

3) Paraffin wird aus den Destillationsprodukten der Braunkohle und des Torfs gewonnen.

genannten Sturz- oder Flaschenlampen unter Druck in den Docht getrieben werden. Sie brauchen zur vollkommenen Verbrennung große Luftzufuhr, werden im allgemeinen aber heutzutage selten verwandt, da sie durch das Petroleum vollständig verdrängt worden sind.

3. Die Petroleumbeleuchtung.

Die Petroleumbeleuchtung steht in Friedenszeiten in der Armee unter allen Beleuchtungsarten an erster Stelle[1] [2] [3], besonders in den Mannschaftsstuben, in denen man wegen der Gefahr der Gasexplosion oder der Vergiftung durch Unvorsichtigkeit der beteiligten Kasernenbewohner (mangelhafte Schließung) oder von — wenn auch selten auftretenden — Undichtigkeiten im Rohrsystem von der Einführung der Gasbeleuchtung im allgemeinen absieht, während die Friedenssanitätsordnung für Lazarette das Petroleum von vornherein ausschließt, wenn bessere Beleuchtungsarten ohne übermäßigen Mehraufwand möglich sind (Beil. 11, § 16, 1) (siehe Band III, Abschnitt „Militärische Unterkünfte", Kasernenbeleuchtung; dort ist auch Näheres über die den einzelnen Militärpersonen zustehende Petroleummenge angegeben).

Das Petroleum (Erdöl, gewonnen in Amerika, am Kaspischen Meer, Galizien und bei Hannover usw.) besteht im Rohzustand aus einem Gemenge zahlreicher Kohlenwasserstoffe [Pentan (C_5H_{12}), Hexan (C_6H_{14}) u. a. nach der Formel (C_nH_{2n})] von verschiedenem Siedepunkt, die nicht alle zur Beleuchtung geeignet sind. Nach vorheriger Reinigung mit Natronlauge und Schwefelsäure wird das Gemisch durch fraktionierte Destillation zerlegt in

Rhigolen	destilliert unter 37,7°,	spez. Gew.	0,60
Petroleumäther	„ zwischen 40 u. 70°,	„ „	0,65—0,66
Gasolin	„ bei 90°,	„ „	0,66—0,69
Petroleumbenzin	„ bei 80—110°,	„ „	0,60—0,70
Ligroïn	„ bei 120°,	„ „	0,71—0,73
Putzöl	„ bei 120—170°,	„ „	0,72—0,75
Raffiniertes Petroleum	„ bei 200°,	„ „	0,81.

Das im Handel vorkommende gereinigte Leuchtpetroleum (sorgfältig gereinigtes Petroleum heißt Astralöl, Kaiseröl, Salonöl) hat also ein spezifisches Gewicht von 0,81 (bei 15°) und siedet bei ca. 200°; es soll nicht unter 30—35° C sich entzünden und bei 21° C und 760 mm Barometerdruck nicht entflammbare Dämpfe entwickeln.

Ferner soll das Petroleum wasserhell oder leicht gelblich oder

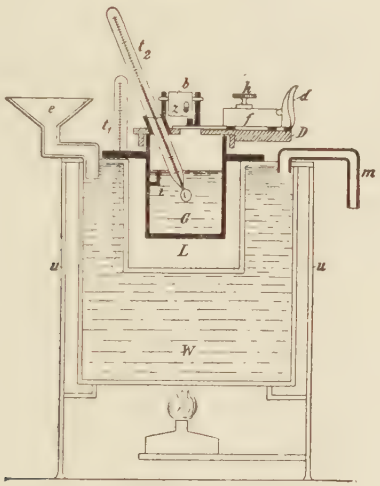
1) G. G. § 64.
2) G. V. O. Beil. 11. Erleuchtungsmaterialientarife.
3) F. S. O. § 212 und Beilage 41.

bläulich schillernd, durchsichtig [im Glasgefäß klar[1]] und nicht durch fremde Beimischungen verunreinigt sein, beim Brennen nicht üblen Geruch verbreiten und eine helle Lichtflamme geben.

Schlecht raffinierte Petroleumsorten, die noch Schwefelsäure, schwere Kohlenwasserstoffe u. a. enthalten, sind meist gelb, riechen stark und unangenehm und entwickeln beim Verbrennen ein nicht gleichmäßig schönes Licht. Da das Petroleum, wenn es nicht sorgfältig gereinigt oder etwa nachträglich mit leichten Kohlenwasserstoffen versetzt wurde, feuergefährlich[2]) ist, so muß es auf seine Reinheit gegebenenfalls untersucht werden.

Dies geschieht durch die Bestimmung des Entflammungspunktes, wofür der im Deutschen Reiche offiziell eingeführte, ver-

Abbildung 25.



Der Petroleumprüfer nach Abel.

besserte Abelsche Petroleumprüfer benutzt wird (Abb. 25), Untersuchungen, die gegebenenfalls in den hygienisch-chemischen Untersuchungsstellen bei den Sanitätsämtern ausgeführt werden können.

Der Entflammungspunkt (Testpunkt = 21° C.) gibt die niedrigste Temperatur der mit Luft gemischten brennbaren Dämpfe, der Entzündungspunkt die Temperatur der Entzündung der Petroleum-Flüssigkeit (Flamme blau und gelb gesäumt) an; letzterer ist meist um 5—10° höher als ersterer; in der Mehrzahl der Fälle beschränkt man sich auf die Bestimmung des ersteren.

1) F. S. O. § 212.

2) Wegen Aufbewahrung feuergefährlicher Flüssigkeiten in militärischen Gebäuden s. Bd. III, Garnisonlazarette und F. S. O. Nachtrag II. Beil. 27a.

Der Apparat besteht aus einem zylindrischen Wasserbad W, das von einem Blechmantel U in einer Entfernung von 10 mm umgeben ist und durch ein Spirituslämpchen geheizt werden kann; es besitzt eine Oese, in welche das Thermometer t^1 paßt, das von 50—60° reicht und bei 55° C als Normaltemperatur eine Marke hat, ferner einen Einfülltrichter e und ein Ueberlaufrohr m.

Im Wasserbad W befindet sich ein zylindrischer Ausschnitt, in den der zylindrische Petroleumbehälter G paßt und zwar so, daß zwischen den Wandungen von W und G ein geringer Zwischenraum ist.

Im Petroleumbehälter G befindet sich eine Marke i, bis zu welcher das Petroleum einzufüllen ist, so zwar, daß die Spitze der Marke und die Oberfläche des Petroleums oben zusammenfallen.

Auf den Petroleumbehälter G paßt ein Deckel D, welcher eine Oese für ein in $^1/_2{}^0$ geteiltes Thermometer t^2 und die Zündvorrichtung trägt.

Die letztere besteht aus einer Feder f, die mittels der Schraube h aufgezogen wird und durch einen Druck auf den Drücker d abläuft, ferner einem horizontalen Schieber, der in Ruhe eine Oeffnung im Deckel D verschließt, beim Zurückgehen der aufgezogenen Feder aber die Oeffnung freimacht und dann wieder schließt, wobei gleichzeitig Z, ein Petroleumflämmchen, in die Oeffnung gesenkt und dann wieder gehoben wird. Das Flämmchen Z wird durch etwas Petroleum in dem kleinen Bassin b gespeist.

Um eine Untersuchung vorzunehmen, füllt man das Wasserbad W mit etwa 58° warmem Wasser soweit, daß das Wasser oben durch den Blechmantel u abzulaufen beginnt, und hält es während des ganzen Versuchs auf 55° C. Man erwärmt dann das Petroleum je nach dem Barometerstand auf 14° (685 mm) bis 17° C (755—765 mm), setzt das Thermometer t^2 ein, füllt das Petroleum in den Behälter G bis zur Marke i und setzt den Deckel D vorsichtig auf, sodaß das Petroleum nicht geschüttelt wird.

Dann setzt man den Behälter in das Wasserbad G, entzündet das Flämmchen Z, das man so groß hält, als ein auf dem Deckel D befindliches Beinknöpfchen angibt und spannt die Feder f und läßt sie ablaufen, sobald die Temperatur des Petroleums um $^1/_2{}^0$ C gestiegen ist.

Ist der freie Raum im Behälter G genügend mit Petroleumdämpfen gefüllt, so erfolgt eine Entzündung, die Flamme schlägt in den Raum, wobei das Flämmchen Z gewöhnlich erlischt.

Diesen Punkt notiert man als den Entflammungspunkt des Petroleums.

Bei einwandfreiem Petroleum soll der Entflammungspunkt nicht unter 21° C, bezogen auf 760 mm Barometerdruck, liegen, wofür folgende Tabelle maßgebend ist:

mm Barometerstand:	Maßgebender Entflammungspunkt:
700	18,9
710	19.3
720	19.6
730	20,0
740	20.3
750	20.7
760	**21,0**
770	21.4
780	21,7

Es sollen in militärischen Gebäuden nur so viel Vorräte an Petroleum aufbewahrt werden, als dringend notwendig sind.

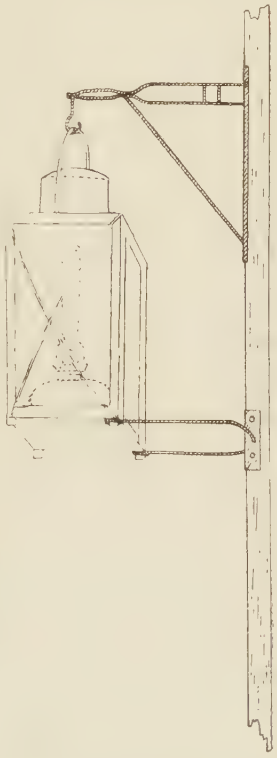
Das Petroleum wird in Lampen gebrannt, deren Brennerkonstruktion ebenso wie die Qualität des Petroleums, die Dochtlänge und der Stand des Petroleums im Bassin (Saughöhe!) die Leuchtkraft nicht unwesentlich beeinflussen können. Rundbrenner=Argandbrenner sind den Flachbrennern vorzuziehen; erstere sind offiziell im militärischen Haushalt eingeführt als 18, 17 und 13 mm-Rundbrenner.[1])

1) G. V. O. Beilage 11, S. 198.

Die Rundbrenner gestatten eine vollständige Verbrennung des Petroleums und damit eine Verstärkung der Leuchtkraft, da die hohe, kugelförmige Flamme von innen und außen reichlich Luftzufuhr erhält.

Sämtliche Petroleumlampen sind mit einem Zylinder als Schornstein versehen, durch den ein besserer Auftrieb der erwärmten Luft und ein Nachsaugen frischer Luft durch die unter dem Brenner befindlichen schlitz- oder sternförmigen Luftlöcher zur ausgiebigeren Verbrennung des Leuchtmaterials erfolgt; hierdurch wird ein gleichmäßigeres, rußloses Brennen der Lampe erzielt. Eine gewöhnliche gute Tischlampe liefert 26 Kerzen und verbraucht für die Stunde und 1 Kerzenhelligkeit 3,6 ccm Petroleum; es gibt aber auch besonders starkleuchtende Petroleumlampen von etwa 120 N.K. Auch als Hoflaterne wird Petroleum noch verwandt, wie auf Truppenübungsplätzen u. a. (Abb. 26).

Abbildung 26.



Einfache Petroleumlaterne in dem Barackenlazarett Bremerhaven.

Ein besonderer Nachteil jeder Petroleumlampe ist ihre besonders starke Wärmestrahlung[1]); deshalb müssen die Lampen weit ab vom Kopfe des Arbeitenden gestellt werden und möglichst mit einer geschlossenen Glocke oder Lampenschirm versehen sein.

Brennt eine Lampe mit zu kleiner Flamme, so entweichen schlechtriechende Kohlenwasserstoffe, welche Kopfschmerzen und Uebelkeit hervorrufen können; ebenso lästig ist das Rußen der Flamme. Das Reinigen und Füllen der Lampe soll stets bei Tageslicht erfolgen.

Wegen des Petroleumglühlichtes siehe S. 106.

Petroleum gehört zu denjenigen Gegenständen, die nach § 11 der Postordnung von der Postbeförderung ausgeschlossen sind; der Transport erfolgt als Fracht in Holz- oder Eisenfässern oder in Tanks.

Benzin zur Erleuchtung wird hauptsächlich in Bergwerken benutzt in der Form von Sicherheitslampen; die Benzinlampe hat eine Lichtstärke von 1 HK. bei einem stündlichen Materialverbrauch von 10 g.

1) Wärmestrahlung der Lichtquellen, S. 71.

Ligroïn und Gasolin werden wegen ihrer leichteren Vergasungsfähigkeit zu dochtlosen Lampen verwandt, bei denen das höher gelegene Bassin mit einer tieferliegenden Pfanne durch ein Rohr verbunden ist. Erwärmt man die Pfanne durch verbrennenden Spiritus, so entzündet sich leicht das unter Druck aus einer Düse ausfließende Gasolin etc., welches so viel Luft zur Verbrennung ansaugt, daß nach Brüsch Lichtstärken von 3500—14000 HK. entstehen können. Deshalb werden diese Lampen häufig auf großen Arbeitsplätzen verwendet; auch im Kriege könnte man nach Brüsch davon Nutzen haben, z. B. beim Aufsuchen der Verwundeten in der Nacht, wozu heute Azetylengas verwendet wird, vielleicht deshalb, weil das zur Erzeugung dienende Calciumcarbid als fester Stoff sich leichter transportieren läßt, als obige niedrigsiedende Oele. Allerdings ist bei dem Gasolin ferner die Möglichkeit gegeben, daß es durch stärkeren Windzug ausgeblasen wird, was bei der Azetylenbeleuchtung als ausgeschlossen gelten kann.

Oel- oder Fettgas wird aus Petroleumrückständen, Abfallfetten, Braunkohlenteeröl u. a. hergestellt; es wird hier und da in Verbindung mit Azetylen in den Eisenbahnzügen zur Beleuchtung der Eisenbahnwagen in besonderen eisernen Behältern unter einem Druck von 6 Atmosphären mitgeführt.

4. Die Steinkohlengasbeleuchtung.

Nach der Petroleumbeleuchtung hat auch im militärischen Haushalt das Gaslicht die weiteste Verbreitung; hauptsächlich in den Lazaretten[1]), aber auch in bestimmten Kasernenräumen[2]), in Speisesälen und Offizierkasinos und besonders in den militärischen Bildungsanstalten stellt das Gas die Hauptbeleuchtungsquelle dar. Näheres über die verschiedenartige Verwendung des Gases in militärischen Gebäuden siehe Band III „Militärische Unterkünfte“.

Da nach der G. V. O. der Anschluß der Garnisongebäude und Grundstücke an städtische Gasleitungen usw. bestimmt ist, erübrigt es sich wohl hier, ausführlicher auf die Herstellung des Leuchtgases einzugehen, da es militärische Gasanstalten bis jetzt nicht gibt.

Es dürfte aber nicht ausgeschlossen sein, daß mit Rücksicht auf den weiteren Ausbau der militärischen Luftfahrten[3]) auch in Bälde eine militärische Gasanstalt gebaut wird. Vorläufig dürften einige

1) F. S. O. Beilage 11.
2) G. V. O. Beilage 11, C.
3) Für die Luftballonfahrten wird häufig auch reines Wasserstoffgas verwandt, das im militärischen Betriebe (Luftschifferbataillon) auf elektrolytischem oder chemischem Wege hergestellt wird.

kürzere Angaben genügen, indem für ein weiteres Studium dieser Frage auf Rubner verwiesen wird.

Leuchtgas kann durch trockene Destillation (Erhitzung in geschlossenen Retorten aus Glas oder Eisen) von Steinkohlen, Braunkohlen, Holz, Petroleumrückständen, Torf u. a. gewonnen werden; im Großen hat nur das Steinkohlengas Bedeutung, während für einen kleineren Betrieb unter Umständen, z. B. bei reichlichem Vorhandensein der Rohmaterialien, man auch auf die anderen Stoffe zurückgreifen kann.

Die durch die starke Erhitzung entweichenden Gase müssen jedoch erst mehrere Reinigungsprozesse durchmachen, um Stoffe abzugeben, welche den Beleuchtungseffekt stören würden. So werden Teerbestandteile, Schwefelverbindungen, Stickstoff, Kohlensäure, Zyanverbindungen, Ammoniak u. a. durch Hindurchtreten der Gase durch Wasser und dann durch trockene filterartig angeordnete Substanzen z. B. Eisenoxyd oder Kalkhydrat zurückgehalten.

Es entstehen hiernach neben dem eigentlichen Leuchtgas, das sich in Gasometern, d. h. in Wasser eintauchenden großen Trommeln, welche das eintretende Gas hochtreibt, ansammelt, noch verschiedenartige Stoffe, z. B. Teerprodukte, die zur Herstellung des Benzols und und der Anilinteerfarbstoffe[1]) verwendet werden, ferner Ammoniakwasser, das als schwefelsaures Ammonium als Düngemittel verwendet wird, weiter Blutlaugensalz, Schwefel u. a., und endlich bleibt in den Retorten selbst der Koks in etwa 60—80 pCt. zurück, der als wertvolles Brennmaterial und zu anderen Zwecken zum Verkauf kommt.

Durch die wirtschaftliche Ausnutzung dieser Nebenprodukte und den hierdurch sich ergebenden verhältnismäßig niedrigen Verkaufspreis (siehe S. 115) ist es wohl mitbegründet, warum das Gas nach dem Petroleum die weiteste Verbreitung zu Beleuchtungs- und Heizzwecken aufzuweisen hat.

Aus den Gasometern wird das Gas durch gußeiserne Röhren, deren Flanchen durch Blei gedichtet[2]) sind, zu den Gebrauchsstellen geleitet, wo der Gaskonsum durch die Gasuhr registriert wird.

Wie aus den Abbildungen (Abb. 27) ersichtlich, tritt das Gas bei E durch ein Ventil V unter seinem Druck in die nach Vorschrift ungefähr bis zur Hälfte mit Wasser gefüllte Kammer B ein, welche es nur durch das Knieerohr L verlassen kann. Das Gas gelangt dann in ein Trommelsystem von 4 Kammern, von denen immer nur eine aus dem Wasser herausragt, setzt dieses durch den Druck, mit dem es einströmt, wie ein Tretrad in Bewegung, und tritt durch einen Schlitz in der Trommel aus, welche die Zahl der Umdrehungen der Trommelachse auf der in Einer, Zehner, Hunderter eingeteilte Zählvorrichtung registriert.

1) Ersatz für die früheren Pflanzenfarbstoffe.

2) Trotzdem beträgt der jährliche Verlust durch Undichtigkeiten 5 bis 20 pCt. außerhalb und 3 bis 4 pCt. innerhalb des Hauses.

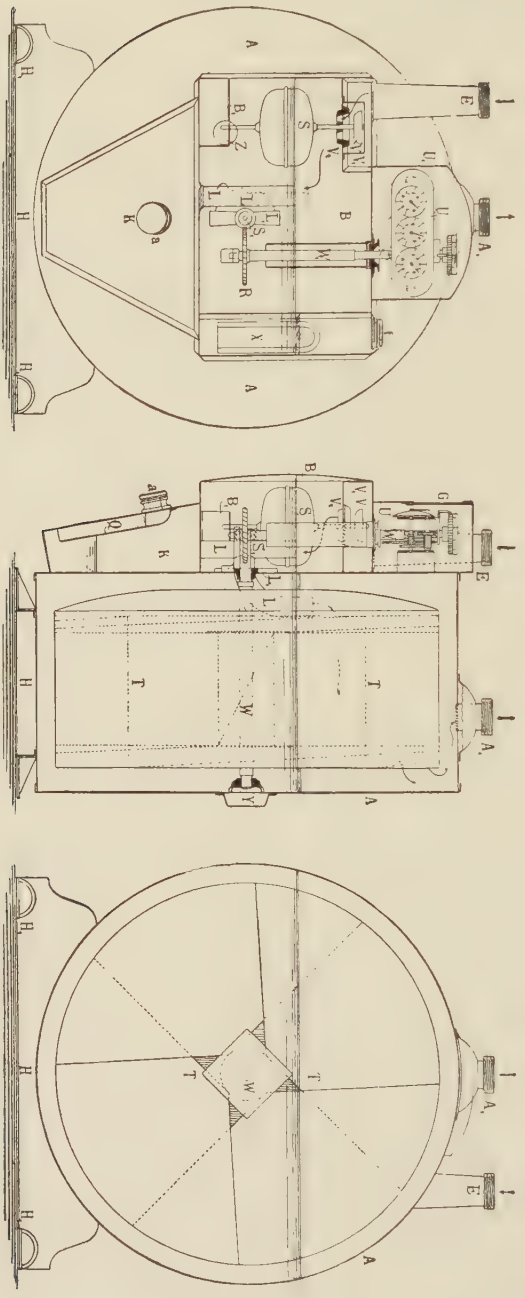


Abbildung 27.

Gasuhr.

Zusammensetzung und Eigenschaften des Leuchtgases.

Gutes Leuchtgas enthält etwa 9,3 pCt. leuchtende Verbindungen (Elayl-, Propylen-, Butylen-, Azetylen-Gas und Benzin-, Toluol-, Xylol-, Cumol-, Butyl-, Naphthalin-Dämpfe),

42 pCt. (Sumpfgas, Methan CH_4),

40 pCt. Wasserstoff,

7,6 pCt. Kohlenoxyd (!!),

außerdem Verunreinigungen, wie Sauerstoff, Wasserdampf, Stickstoff, Ammoniak, Schwefelwasserstoff u. a.

Die Zusammensetzung und Güte des Leuchtgases hängt außer anderen Faktoren von der Art der Kohle und der zur Destillation angewandten Temperatur ab.

Das Leuchtgas hat einen charakteristischen, penetranten Geruch, der bereits bei Beimengungen von 0,01—0,02 pCt. zu der Luft den Gaszutritt verrät; zwar ist erst eine Beimengung von 0,05 pCt. Kohlenoxyd (!)[1]) — die Gasmenge ist entsprechend größer — gesundheitsschädlich, es ist aber praktisch auch damit zu rechnen, daß die Geruchsempfindungen subjektiv sehr verschieden sind, und die riechenden Substanzen des Gases bei Undichtigkeiten im Boden von diesem größtenteils absorbiert werden.

Bei einem Rohrbruch auf der Straße wird das Gas durch die Aspiration, welche ein durch die verschiedensten Wärmequellen erwärmtes Haus auf die Bodenluft — bei geschlossenen Kellerfenstern, also hauptsächlich im Winter — ausüben kann, in das Haus angesogen, zumal wenn die Bodenporen durch Feuchtigkeit (Schnee) den Durchtritt in die Atmosphäre hindern bzw. erschweren[2]).

Undichtigkeiten der Gasleitung im Hause kann man auch an der einen Gasverbrauch anzeigenden Gasuhr bei geschlossenen Hähnen und geöffnetem Haupthahne erkennen.

Abgesehen von den gesundheitlichen Schäden, die durch derartige akute oder chronische Kohlenoxydvergiftungen[3])[4]) entstehen können, die aber in militärischen Räumen verhältnismäßig selten sind, besteht noch die Möglichkeit einer Gasexplosion; diese tritt dann ein, wenn eine Mischung von Leuchtgas mit Luft in einem Prozentsatz von 6—29 pCt. erfolgt ist, und ein offenes Licht mit diesem Gasluft-

1) Ueber den Nachweis des Kohlenoxyds siehe Band I: „Zusammensetzung der Luft."

2) Der Nachweis eines Rohrbruchs im Boden wird durch Einschlagen von Rohren in verschiedenen Entfernungen und Einlegen von mit Palladiumchlorürlösung imprägniertem Papier geführt.

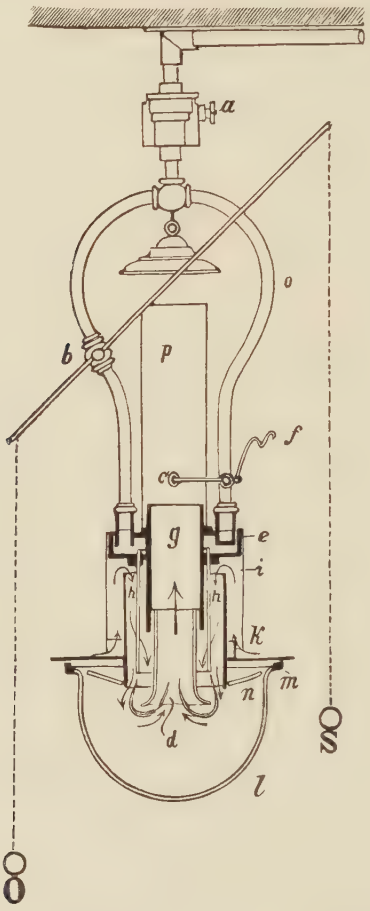
3) Nach Rubner machen in Preußen diese Vergiftungen 23 bis 28 pCt. aller Vergiftungen aus; die Mortalitätsziffer im Vergleich zu den Vergiftungen überhaupt beträgt ca. 50 pCt.

4) Ueber die manchmal tödlichen Vergiftungen, die durch falsch konstruierte Gasbadeöfen oder in Verbindung damit durch unzureichend ventilierte Badezimmer in Kasernen entstehen, siehe Band III: „Badeanstalten".

gemisch in Verbindung tritt; am größten ist die Explosionsgefahr nach Gaertner, wenn das Verhältnis des Gases zur Luft 12 pCt. beträgt.

Wie bei jeder leuchtenden Flamme, entsteht bei der Gasbeleuchtung Wasserdampf und Kohlensäure; außerdem noch Spuren von Schwefelsäure, schwefliger Säure, Untersalpetersäure und Ammoniak etc.

Abbildung 28.



Invertierter Regenerativgasbrenner nach Siemens.
a und b = Hähne für den Gasaustritt, c = Stichflamme, f = zu c gehöriger Hahn, d = Flamme, e = Vorwärme-Kammer, h, i, k = Wege für den Luftzutritt, g und p — Schornstein für die Abgase, m = Glockenabschluß der Flamme nach unten.

Der Druck, mit dem das Gas ausströmt, soll so klein wie möglich sein und in den Hauptleitungen etwa 16 mm Wasser betragen, während er hinter der Ausströmungsöffnung 30—40 mm groß ist; zu hoher Druck ist unwirtschaftlich und beeinträchtigt, besonders bei Glühlicht, die Lichtintensität, zu geringer Druck (enge Zuleitungs-

röhren) verursacht trübes Brennen, schwankender Druck (Wasseransammlung im Rohrnetz, durch Ausblasen oder Saugen zu beseitigen) Zucken der Flamme.

Freie Gasflammen geben sowohl bei Einloch-, Zweiloch-, Schnitt-Argand-Rund und Regenerativbrennern [2]) (Abb. 28), bei denen sowohl das zur Flamme strömende Leuchtgas als auch die Verbrennungsluft durch die Verbrennungsgase vorgewärmt wird (=70—350 NK), eine geringere Leuchtkraft bei größerem Gasverbrauch als das später (S. 103) zu erörternde Gasglühlicht, sodaß sie aus wirtschaftlichen Gründen für militärische Gebäude kaum in Betracht kommen. Die verschiedenen Brennersysteme und Lampen können übergangen werden; es genügt zur Orientierung folgende Tabelle nach Brüsch:

	Mittlere Lichtstärke H. K.	Materialverbrauch in 1 Stde. — Liter	Kosten der Flamme in der Stunde [1])	Kosten der Kerzenstunde
Schnittbrenner	25	375	6,75 Pf.	0,27 Pf.
Argandbrenner	30	300	5,40 „	0,18 „
Siemensscher Regenerativbrenner [2])	140	560	10,80 „	0,07 „

Wassergas, das durch Hindurchblasen von Wasserdampf durch glühende Kohlen ($H_2O + C = CO + H_2$) entsteht, kommt trotz seiner billigen Herstellungsweise für den militärischen Haushalt nicht in Betracht, umsomehr es wegen des hohen Kohlenoxydgehaltes (H = 50 pCt., CO = 41 pCt. (!!), CO_2 = 4 pCt., N = 5 pCt.) und seiner Geruchlosigkeit [3]) nicht gefahrlos ist; in manchen Gasbetrieben wird das noch mit besonderen Kohlenstoffen angereicherte — autokarburierte — Wassergas bis zu 30 pCt. dem Leuchtgas beigemischt.

5. Die Azetylengasbeleuchtung.

Die Beleuchtung mit Azetylengas ist offiziell für Kriegsverhältnisse bei dem Beleuchtungsgerät der Sanitätskompagnie (Kt.-O. Ziffer 351—362) als Patrouillenlampen, Signallaternen, Zeltlampen auf dem Hauptverbandplatz und als Fahrradlampen eingeführt: schon während der Krankenträgerübungen und bei den anläßlich der Herbstübungen mitausrückenden Sanitätskompagnien finden sie auch in Friedenszeiten Verwendung.

1) 1000 Liter = 18 Pf. angenommen.

2) Die Flamme ist bei den Regenerativbrennern „invertiert“ d. h. nach unten gerichtet, so daß alles Licht dorthin fällt, wo es gebraucht wird.

3) Durch Zusatz von Mercaptan, Carbilamin kann es riechend gemacht werden.

Außerdem findet man Azetylengasbeleuchtung hier und da auf Truppenübungsplätzen, in Wirtschaften und Gasthäusern, in denen Militärpersonen verkehren; es gehört mit zu den Pflichten der die Lagerhygiene beaufsichtigenden Sanitätsoffiziere, sich von der Zuverlässigkeit und Gefahrlosigkeit derartiger Azetylengasbeleuchtungen zu überzeugen.

Eine genauere Kenntnis des Azetylengases ist hiernach für alle beteiligten Militärpersonen notwendig.

Das Azetylen ist ein Gas, welches durch Zersetzen von Kalziumkarbid[1]) bei Wasserzusatz sich entwickelt.

Kalziumkarbid entsteht, wenn pulverisierter, gebrannter Kalk (CaO), sogenannter Aetzkalk, und Kohlenstoff in der Form stark zerkleinerten Koks im elektrisch geheizten Ofen sehr hohen Temperaturen von 2800—3500° C ausgesetzt wird; hierbei schmilzt der Kalk und wird dünnflüssig, und die darin suspendierten Kohlenstoffpartikelchen lösen sich auf.

$$CaO + 3\,C = CaC_2 + CO.$$

Das Kohlenoxyd entweicht bei der Herstellung und wird zu Kohlendioxyd oxydiert, das Kalziumkarbid bleibt übrig und stellt — erkaltet — eine graue, teilweise metallisch glänzende, sehr harte Masse dar, die beim Niederwerfen oder Anschlagen metallisch klingt.

Als bestes Kalziumkarbid gilt nach Metzger solches mit 77,5 pCt. Reinkarbid; dasselbe wird auf geeignete Korngröße zerkleinert und in wasser- und luftdichtschließende Blechdosen verpackt.

Das Kalziumkarbid wird nach Brüsch von fast keiner Flüssigkeit angegriffen oder zersetzt — ausgenommen das Wasser.

Bei dem Einwirken von Wasser auf Kalziumkarbid entsteht Azetylengas, das aufgefangen werden kann, und Kalkhydrat (gelöschter Kalk und darüberstehend Kalkwasser) nach der Formel:

$$CaC_2 + 2\,H_2O = \underset{\text{Azetylen}}{C_2H_2} + \underset{\text{Kalkhydrat}}{Ca(OH)_2}$$

1 kg des 75 pCt. Reinkarbid enthaltenden Kalziumkarbid liefert bei 15° und 760 mm Barometerdruck 290 Liter Azetylengas.

Da die Rohmaterialien (Kalk und Koks) meist verunreinigt sind, so ist auch das entwickelte Gas fast stets unrein, namentlich enthält es häufiger Ammoniak, Schwefelwasserstoff und den nach Knoblauch riechenden Phosphorwasserstoff, der nach Yokote noch in einer Verdünnung von 1 : 100 000 für Katzen tödlich sein soll. Das Azetylengas wird deshalb durch Chlorkalk mit Bleichromat von dem Phosphorwasserstoff und durch eine salzsaure Kupferchlorürlösung von Ammoniak und Schwefelwasserstoff gereinigt.

Wird das Kalziumkarbid so rein wie möglich dargestellt, dann

1) Karbide sind Verbindungen der Metalle mit Kohlenstoff.

kann man von einer Reinigung des Gases absehen; an den militärischen Beleuchtungsgeräten ist deshalb eine Vorrichtung zur Gasreinigung nicht vorgesehen, da ja auch die Lampen, wie die Radfahrlaternen, meist im Freien brennen, wo oben genannten Gase stark verdünnt und durch den Wind meist schnell fortgeführt werden.

Die Gasentwicklung kann nun auf verschiedene Weise herbeigeführt werden, entweder durch „Ueberschwemmung" des Karbids mit Wasser oder durch „Spülung" infolge Zufließen des Wassers von unten oder durch „Eintauchen"[1]) des Karbids in Wasser oder durch Hineinfallen des Karbids in Wasser oder schließlich durch „Auftropfen" des Wassers auf das Karbid.

Bei den Tropfsystemen kann bei unzureichender Wassermenge eine starke Erhitzung eintreten, die eine Explosion zu verursachen vermag; im Freien wird durch den kühlenden Wind die Temperatur schnell herabgesetzt; wenigstens sind Explosionen bei den auf obigem Prinzip beruhenden Azetylenlampen bisher nicht beobachtet worden.

Der militärische Azetylen-Beleuchtungsapparat ist nach dem „Tropfsystem" eingerichtet; Explosionen sind bisher nicht bekannt geworden.

Das zur Entwicklung kommende Azetylenlicht gilt neben dem Nernstlicht (siehe S. 111) als das weißeste Licht, das man augenblicklich besitzt; es nähert sich in seiner Farbenzusammensetzung (siehe S. 72) sehr dem Sonnenlicht und läßt die Gegenstände in ihren „natürlichen" Farben erkennen. Aus diesem Grunde dürfte das Azetylengas für die Beleuchtung des Operationszeltes bei den Sanitätskompagnien wohl besonders geeignet sein; allerdings kann es durch starke Blendung auch störend wirken.

Seiner Formel nach — C_2H_2 — setzt sich das Azetylen aus 92,26 pCt. Kohlenstoff und 7,74 pCt. Wasserstoff zusammen, es enthält hiernach von allen Gasarten die größte Menge Kohlenstoff; es ist meist frei von dem giftigen Kohlenoxyd, hat aber den Nachteil, daß es stark riecht.

Flüssig gemachtes Azetylen und mit Luft gemischtes Azetylengas ist explosibel, letzteres am stärksten bei einem Verhältnis von 1 Teil Gas zu 12 Teilen Luft.

Um die größte Lichtintensität zu erhalten, muß das Gas unter einem besonders hohen Druck von 80 bis 200 mm Wassersäule stehen, weshalb die transportablen Azetylenlampen der Sanitätskompagnien

1) Dieses System eignet sich besonders für größere stationäre Anlagen (Truppenübungsplätze usw.), da es automatisch ausgebildet werden kann; ist der Gasverbrauch ein großer, so senkt sich die ganze Karbidmasse ins Wasser, ist er gering, wird das Sieb mit dem Karbid herausgehoben und die Gasentwicklung hört bald auf.

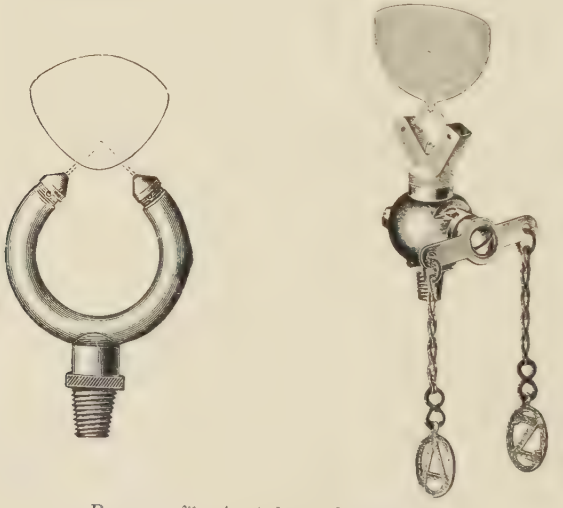
entsprechend stark gebaut sein müssen. Ferner muß der Brenner [aus Speckstein[1])] so konstruiert sein, daß der Flamme sehr viel Luft zur möglichst vollständigen Verbrennung des Kohlenstoffs des Azetylengases durch den Luftsauerstoff (Temperaturen bis ca. 2000!) zugeführt wird.

Von Wichtigkeit ist hierbei die „endothermische Natur" des Gases, welches bei seiner Zerlegung Wärme erzeugt im Gegensatz zu den exothermischen, die hierbei Wärme binden.

Praktisch bewährt hat sich ein gabelförmig geteilter und mit Durchbohrungen versehener Brenner, bei dem die beiden Flammen zusammenstoßen und ein sehr helles, ruhiges Licht erzeugen, das ohne Zylinder gebrannt werden kann (Abb. 29 u. 30 nach Praußnitz und Brüsch).

Verstopfungen der Löcher z. B. durch Ruß kommen hierbei nicht vor, da die Flamme unter dem hohen Druck etwas entfernt von den Oeffnungen brennt; ist der Druck aber ungenügend, dann reißt die Flamme nicht genügend Luftsauerstoff an sich, die Verbrennung des Kohlenstoffs ist unvollständig und die Flamme rußt.

Abbildung 29. Abbildung 30.



Brenner für Azetylengasbeleuchtung.

1 kg Karbid kostet, im großen bezogen, ca. 30 Pf. und liefert ca. 300 l Azetylen; eine 30 HK starke Flamme verbraucht stündlich 20 l, eine solche von 20 HK Lichtstärke nach von Esmarch ca. 15 l. Näheres siehe unter „Kosten der einzelnen Beleuchtungsarten" (S. 115).

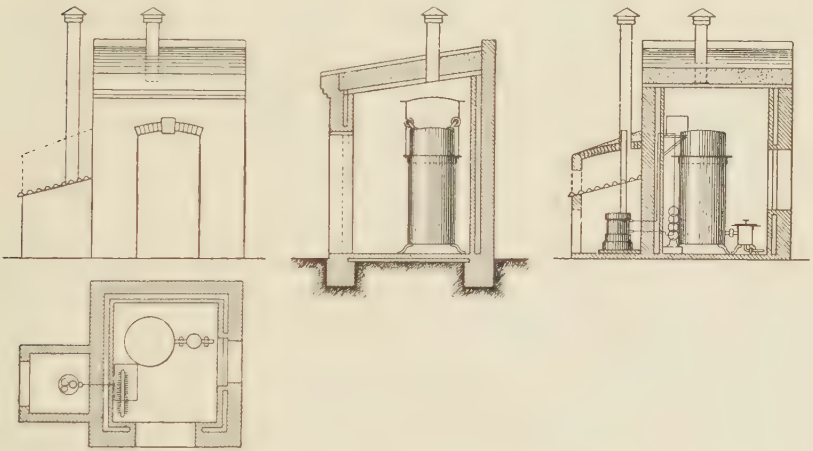
1) Schlechter Wärmeleiter.

Hygienische Wirkung des Azetylens.

Bei nicht gereinigtem Azetylen können durch die Beimengungen des Phosphorwasserstoffs und Schwefelwasserstoffs gesundheitliche Gefahren auftreten; ersterer wird noch in geringen Spuren durch den Knoblauchsgeruch erkannt, letzterer läßt sich noch in kleinsten Mengen durch mit Bleiazetatlösung getränktes Papier [Schwarzfärbung[1]] nachweisen; das bei der Herstellung des Kalziumkarbids auftretende Kohlenoxyd spielt keine nennenswerte Rolle.

Nach Metzger können Azetylen-Luftgemische längere Zeit von Menschen ohne Schaden eingeatmet werden; bei Tieren traten erst allmähliche Vergiftungserscheinungen auf, wenn 20 pCt. und mehr, der

Abbildung 31.



Schema einer Azetylengasanlage.

Luft beigemischt, stundenlang eingeatmet wurden; auch verdrängt es nicht, wie das Kohlenoxyd des Leuchtgases, den Sauerstoff aus dem Hämoglobin, sondern wird nur mechanisch von dem Blut aufgelöst.

Nach J. H. Vogel ist eine Azetylenvergiftung bisher noch nicht beobachtet worden, während Explosionen schon häufiger vorgekommen sind.

Hiernach sind die Gefahren einer Explosion durch unzweckmäßiges Aufbewahren des Kalziumkarbids oder nicht einwandfreie Herstellung des Azetylengases größer als die in gesundheitlicher Beziehung.

Deshalb bestehen besondere, auf der Hauptversammlung des

1) Durch Schwefelblei.

Deutschen Azetylenvereins festgesetzte Forderungen für eine Azetylengasanlage.

Hiernach darf sich bei Hausanlagen der Apparatraum nicht in oder unter bewohnten Räumen oder in unmittelbarer Verbindung mit solchen befinden, nicht in Kellern liegen und nur eine leichte Bedachung besitzen (Abb. 31); ein Einfrieren einer Azetylenanlage ist zu verhindern.

Die mit der hygienischen Beurteilung der militärischen Unterkünfte beauftragten Sanitätsoffiziere haben auch hierauf ihr Augenmerk zu richten.

Bei transportablen Azetylenlampen, wie sie im Kriege Verwendung finden, setzt man bei Frost dem Wasser Spiritus (50 g auf 1 Liter) zu.

Wird eine transportable Azetylenlampe ausgeblasen, ehe das Karbid verbraucht ist, so muss die Lampe sogleich gereinigt werden, da sonst die Gasentwicklung weitergeht. Eine solche Lampe darf nicht einige Zeit in geschlossenen Räumen — wegen Explosionsgefahr und Luftverschlechterung — aufbewahrt werden; sie muß zu Ende brennen oder entleert werden[1]).

e) Die Glühlichtbeleuchtung.

Während bei den bisher besprochenen Beleuchtungsarten das Licht durch das Glühen der in der Flamme schwebenden Kohlenstoffteilchen selbst entsteht, hat bei der Glühlichtbeleuchtung die zur Verwendung kommende Gasart die Aufgabe, einen fremdartigen, in der Flamme befindlichen Stoff möglichst hoch zu erhitzen, so daß dieser erglüht; hierbei wird ein viel helleres Licht ausgestrahlt, als es selbst bei dem besten Brenner vorher zu erzielen war. Bei der Gasglühlichtbeleuchtung ist das Steinkohlengas nach obigem nicht mehr „Leucht"-, sondern „Heiz"gas.

Es ist das Verdienst Auer von Welsbachs, im Jahre 1885 für diesen Zweck in der Form des Glühstrumpfes einen geeigneten Heizkörper mit sehr großer lichtspendender Oberfläche geschaffen zu haben, der, da er von beiden Seiten von dem durch seine obere Oeffnung abziehenden Gasluftgemisch bestrichen wird, sich sehr schnell auf hohe Temperaturen durch jedes beliebige zuströmende, brennbare Gas (Steinkohlengas, Spiritus, Petroleum) erwärmt.

In allen militärischen Gebäuden, in denen überhaupt Gas zur Verfügung steht, wird jetzt nur noch Gasglühlicht gebrannt, da es bei

1) Kt. O. Ziff. 357.

größerer Helligkeit einen geringeren Gasverbrauch aufweist, so daß es wirtschaftlicher ist. Nach v. Esmarch wird bei gleicher Helligkeit gegenüber Argandbrennern ca. 50 pCt., gegenüber Regenerativbrennern ca. 28 pCt. Gas gespart. Außerdem zeichnet es sich hygienisch noch dadurch aus, daß es infolge seines geringeren Gasverbrauchs weniger Wärme und weniger schädliche Ausscheidungsprodukte (Kohlensäure) erzeugt; schließlich ist ein Blaken und Zucken des Lichtes — bei ordnungsmäßiger Gaszuführung — ausgeschlossen.

Der Glühstrumpf stellt ein Flechtwerk aus Baumwolle oder Seide dar, das mit einer Lösung von salpetersaurem Tor (99 pCt.) und salpetersaurem Cer (1 pCt,) imprägniert ist. Das Cer ist der eigentliche Lichterreger, jedoch entsteht die höchste Lichtwirkung nur bei dem oben angegebenen Prozentverhältnis beider Erden. Meist sind die Strümpfe in der Fabrik verascht und gehärtet und werden nur zum Schutz noch mit einem Schellack[1]) überzogen, der bei dem Anzünden am Bestimmungsort schnell abbrennt.

Das Gasglühlicht hat in der Flamme eine Temperatur von ca. 2320°, während der Argandgasbrenner 1800° erkennen läßt; bei einem stündlichen Gasverbrauch von 120 Litern und 30 mm Gasdruck hat das Gasglühlicht durchschnittlich eine Helligkeit von 60—80 HK., die Strümpfe zeigen meist eine Brenndauer von 800 Brennstunden.

Um diese Helligkeiten des Gasglühlichts[2]) zu erzielen, sind besondere Brenner notwendig, die eine außerordentlich starke Luftzufuhr gestatten; wegen des genau zu regulierenden Gasdrucks, von dem auch die Stärke des Strumpfes abhängen muß, gilt das auf Seite 96 Gesagte.

Das „stehende Gasglühlicht“ wird stets mit einem Zylinder [am besten aus Jenenser Hartglas oder Glimmer[3])] gebrannt, um durch die Schornsteinwirkung desselben einen stärkeren Luftzutritt zu bewirken; an einigen Zylindern finden sich auch unten Löcher, da besonders der senkrecht auf die Leuchtflamme auftreffende Luftsauerstoff eine stärkere Erhitzung und damit eine höhere Leuchtkraft ermöglichen soll.

Noch größere Helligkeiten erzielt man mit dem „hängenden Gasglühlicht“, das einen wesentlichen Fortschritt auf dem Gebiete der Gasbeleuchtung darstellt (Abb. 32). Es hat zunächst alle schon besprochenen Vorteile der invertierten Beleuchtung, außerdem ist es wirtschaftlicher, da bei ihm zur Erzeugung einer Kerze Helligkeit nach Wedding (4) nur 1 Liter Gas im Gegensatz zum stehenden Gasglühlicht mit $1^1/_2$ und 2 Litern verbraucht wird. In den zweckmäßigen Brennern (Graetz) wird das Gas vollständig verbrannt, ohne üblen

1) Schellack besteht aus Zelluloid, Schwefeläther, Alkohol und Rizinusöl.

2) Die allmähliche Abnahme der Lichtstärke des Strumpfes liegt, seine Unversehrtheit vorausgesetzt, an der Einlagerung und Einschmelzung des Staubs.

3) Diese sind auch nicht unbegrenzt haltbar und beeinträchtigen die Lichtwirkung.

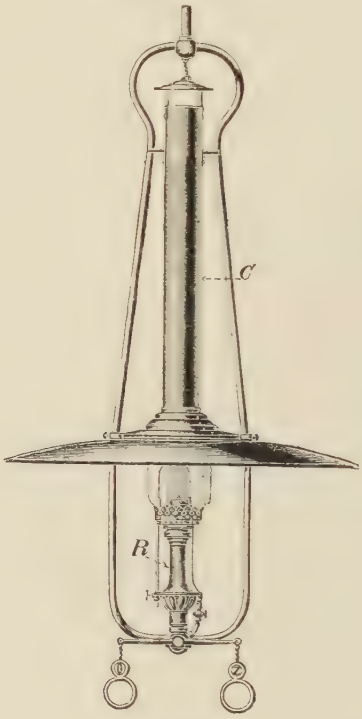
Geruch zu erzeugen. Weiter braucht man bei dem hängenden Gasglühlicht keinen Zylinder, es ist nur nötig, die Leuchtflamme durch eine Glocke gegen Zug zu schützen; ein Nachteil bei dem hängenden Gasglühlicht besteht darin, daß die Wärmestrahlung nach unten sich in stärkerem Grade bemerkbar macht und gegebenenfalls lästig werden kann.

Da sich hiernach das hängende Gasglühlicht in anbetracht seiner stärkeren Leuchtkraft billiger stellt, so dürfte es in militärischen Geschäftszimmern, bei denen hierdurch gerade die Arbeitstischfläche

Abbildung 32.

Hängendes Gasglühlicht.

Abbildung 33.



Lukaslampe.

eine außerordentliche Beleuchtung erhält, bei Neuanschaffungen sich besonders empfehlen. In geeigneten Fällen läßt sich stehendes Gasglühlicht auch in hängendes umwandeln.

In den Fällen, in denen bei dem Vorhandensein einer Gasleitung die Lichtstärke wesentlich gesteigert werden soll, wie z. B. am Eingang einer Kaserne oder eines Lazaretts, gegebenenfalls auch bei der Beleuchtung von Operationssälen, Kasinoräumlichkeiten, läßt sich dies durch vermehrte Gas- und vermehrte Luftzufuhr in Verbindung mit

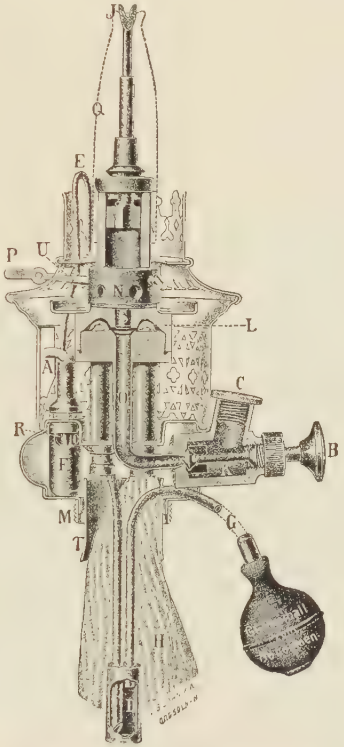
geeigneten Brennern und Strümpfen auch erreichen (Starklichtbrenner — Intensivglühlichtbrenner). So findet man das Lukaslicht (Abb. 33), bei dem durch einen besonders hohen Zylinder reichlich Luft — ungefähr im Verhältnis des Gases zur Luft von 1 : 8 — angesaugt wird, auf manchen Straßen in Berlin.

Bei einem Druck von 30 mm und einer Gaszufuhr von 520 Liter werden ca. 510 HK. erzeugt, bei 75 mm Druck und 739 Liter sogar 775 HK. (= 0,95 Liter Gas pro 1 HK.).

Abbildung 34.

Gewöhnliche Brenner für Spiritusglühlicht
a = Schieber, b = Anzündeöffnung.

Abbildung 35.



Brennner für Spiritusglühlicht
mit Pumpenvorrichtung.
(Beschreibung Seite 106.)

Die Lukaslampe bedarf aber aufmerksamer Bedienung. Ein anderes Gassystem von starker Leuchtkraft ist das Preßgaslicht, bei dem das unter einem Druck von 60—100 mm abgegebene Steinkohlengas durch einen Kompressor auf einen Druck von 1300 bis 1500 mm gebracht wird (Millenniumlicht). Ist dieses System „hängend", d. h. invertiert, so entwickelt die stärkste Lampe bei 2400 Liter stündlichem Gasverbrauch nach Metzger eine Leuchtkraft von ca. 4000 HK.

Das Licht ist ruhig, von angenehmer Farbe und dem elektrischen Bogenlicht deshalb in mancher Beziehung überlegen; einer weiteren Einführung steht aber die Notwendigkeit einer besonderen Rohrleitung wegen des hohen Gasdrucks entgegen, ein Uebelstand, der den Gasanstalten aber nicht hinderlich sein dürfte, wenn es sich darum handelt, die Konkurrenz mit dem elektrischen Licht auszuhalten.

Neuerdings ist die Technik bestrebt, reinen Sauerstoff[1]) anstatt der atmosphärischen Luft dem Gas zuzuführen, wodurch die Leuchtkraft, wie Versuche bereits ergeben haben (Nürnberglicht), wesentlich erhöht würde; Wedding hält eine allgemeinere Einführung aber wegen der hohen Kosten für unwahrscheinlich.

Wie bei Beginn dieses Abschnitts bereits erwähnt, kann statt des Steinkohlengases auch ein anderes gasförmiges Heizmaterial für die Glühlichtbeleuchtung verwandt werden, z. B. Spiritus oder Petroleum. Dies hätte an und für sich den großen Vorteil, daß man nicht an eine Gasleitung gebunden und überall in der Lage wäre, sich die Vorteile der Glühlichtbeleuchtung zu verschaffen. Aber das Spiritusglühlicht hat eine geringere Lichtstärke als das Gasglühlicht; außerdem ist das Reinigen bei der komplizierten Konstruktion des Brenners der Spiritusglühlichtlampe (Abb. 34 u. 35 nach Brüsch) nicht gerade einfach sowie der Geruch, der sich manchmal aus denaturiertem Spiritus entwickelt, mißlich [Heim[2])]: schließlich ist das Spiritusglühlicht auch besonders teuer (S. 115).

Abbildung 35 veranschaulicht einen Brenner für eine Spiritusglühlichtlampe, bei welcher der für das Vorwärmen erforderliche Spiritus mittels eines kleinen Gummiballs G durch eine Pumpe D aus dem Bassin in den Behälter F bzw. die „Anheizschale" A gehoben wird, wo man ihn anzündet. Hierdurch wird der Raum L, in den der Docht H geleitet ist, vorgewärmt, nur die Spiritusdämpfe entweichen durch Düse F in den Raum N, in den durch das dort befindliche, durch die Stange P regulierbare Loch Luft angesaugt wird. Hier entzünden sich die Spiritusdämpfe, vermischt mit Luft, an der Anheizflamme und versetzen allmählich den Strumpf ins Glühen. Beim Auslöschen löst man die Schraube B, wodurch die Spiritusdämpfe durch das Röhrchen O in die Kammer K gelangen, wo sie sich condensieren und in den Spiritusbehälter zurückfließen. Spiritus wird durch C eingefüllt.

Petroleumglühlichtlampen sind technisch noch nicht auf der Höhe, dürften sich wegen der ungleichmäßigen Zusammensetzung des Petroleums und der bei verschiedenen Temperaturen sich verflüchtigenden Kohlenwasserstoffe, die zur vollständigen Verbrennung verschiedene Sauerstoffmengen gebrauchen, auch kaum mit gleichmäßig guter Wirkung herstellen lassen.

1) Nach dem Lindeschen Verfahren aus flüssiger Luft dargestellt. 1 cbm (95 bis 98 pCt. Reinheit) = 2 M.

2) S. 133.

Die Strümpfe verharzen in diesem Fall bald, wodurch die Leuchtkraft schnell leidet.

Wegen der Kosten siehe S. 115.

f) Elektrische Beleuchtung.

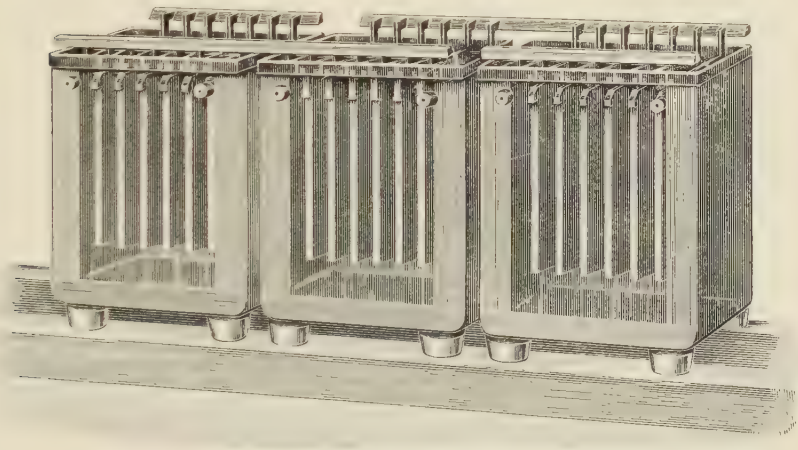
Allgemeines.

Bei der elektrischen Beleuchtung wird der lichtausstrahlende, feuerbeständige Körper (Kohlenstoff, Metallfäden, Tantal, Osram, Osmium, Magnesiumoxyd) durch die Wärme des elektrischen Stromes erhitzt.

Für militärische Gebäude kommt unter gewissen Bedingungen auch die elektrische Beleuchtung in Betracht.

Für Kasernen ist sie im allgemeinen aus wirtschaftlichen Gründen ausgeschlossen — Ausnahme im Band III, militärische Unterkünfte,

Abbildung 36.



dagegen ist sie nach Beilage 11 der F. S. O. gegebenenfalls für Lazarette — mit besonderer Genehmigung des Kriegsministeriums (M. A.) — vorgesehen, und die neuerbauten Garnisonlazarette (Quedlinburg 1909), besonders die größeren, erhalten sie wegen ihrer unerreichten hygienischen Vorzüge (S. 115) wohl ausnahmslos wenigstens in den Krankenräumen; ebenso kann elektrische Beleuchtung in der Mehrzahl der verschiedenen militärischen Bildungsanstalten, besonders in den Festsälen zur Verwendung kommen (Näheres III. Band). Auf den Lazarettgrundstücken wird der zur Beleuchtung notwendige elektrische Strom meist durch eigene Kraft- und Beleuchtungsanlage erzeugt. Von dem Maschinenhaus, das gewöhnlich den Dampf auch für die

Heizung, die Waschküche und die Desinfektionsapparate liefert, geht der hochgespannte Dampf von mehreren Atmosphären zu einer Dampfmaschine, welche eine Dynamomaschine treibt. Diese kann je nach ihrer Anordnung entweder gleichgerichteten Strom (Gleichstrom) von meist 110 oder 220 Volt[1]) oder bei Beleuchtungsanlagen von größerer Ausdehnung Wechselstrom erzeugen; dieser entsteht durch fortwährende, in kürzester Zeit ($^1/_{100}$ Sekunde) wechselnde Richtungsänderungen, wodurch der Strom gewöhnlich eine höhere und deshalb nicht gefahrlose Spannung erhält, die vor Eintritt in die Beleuchtungsanlage auf die erforderliche Voltzahl „transformiert" werden muß.

Die Spannung und die Stärke des elektrischen Stromes werden an einem „Voltmeter" und einem „Ampèremeter" abgelesen.

Der elektrische Strom wird entweder unmittelbar durch Drähte den Beleuchtungskörpern zugeführt, oder er dient, wie dies meistens der Fall ist, zum Laden der in einem Akkumulatorenraum aufgestellten Akkumulatorenzellen (Abb. 36), deren Strom für die Beleuchtung während der späten Abend- und Nachtstunden reichlich ausreichen muß[2]) („Sammler").

Prinzip der Akkumulatoren: In einem Glasgefäß stehen 2 Bleiplatten in verdünnter Schwefelsäure. Verbindet man beide Platten als Elektroden mit einer Stromquelle, so verwandelt sich die an der positiven Platte unter dem Einfluß des an ihr entstehenden Sauerstoffs in Bleioxyd, weiter in Bleisuperoxyd; das am negativen Pol frei werdende Wasserstoffgas entweicht, während das Blei sich dort durch dle Einwirkung der Schwefelsäure in Bleisulfat verwandelt.

Theoretisch ist die Ladung vollendet, wenn die ganze Bleiplatte der Anode (+) in Bleisuperoxyd und die an der Kathode (—) in Bleifulfat umgewandelt ist.

Die so umgewandelten Platten wirken nun ebenso wie die Elektrodenplatten eines konstanten galvanischen Elementes, sie geben, durch einen Leiter verbunden, Strom ab, während aus dem Bleisuperoxyd Bleioxyd und Blei und aus dem Bleisulfat Blei sich zurückbildet.

Der chemische Vorgang bei der Entladung ist also:

von der Anode: $PbO_2 + 2H = PbO + H_2O$

an der Kathode: $PbSO_4 + H_2O = Pb + O + H_2SO_4$

Ein geladener Akkumulator darf nie ganz entladen werden, wenn er nicht leiden soll. Das ist für die Praxis wichtig. Eine Akkumulatorzelle gibt etwa 2 Volt Spannung und soll nicht unter 1 Volt entladen werden.

Während der Ladung wird die verdünnte Schwefelsäure immer konzentrierter, während sie bei der Entladung wieder mehr verdünnt wird. Die konzentrierte Lösung hat höheres spezifisches Gewicht, deshalb kann man mit einem Aräometer den Grad der Ladung fortlaufend kontrollieren.

Zur Erzeugung des elektrischen Glühlichts ist ein Körper erforderlich, der dem elektrischen Strom einen möglichst hohen Widerstand bietet, bei dessen Ueberwindung die verbrauchte elektrische

1) Volt = elektrische Spannung oder elektromotorische Kraft.
Ampère = Stärke des elektrischen Stroms (Intensität).
Watt = Volt × Ampère = verbrauchte elektrische Kraft.
Kilowattstunde = 1000 in 1 Stunde verbrauchte Watts.

2) Näheres in physikalischen Lehrbüchern, z. B. Graetz (16).

Kraft in Wärme umgesetzt wird; hierdurch nimmt der Körper hohe Temperaturen an, bei denen er leuchtet, aber nicht schmelzen darf. Um ein allmähliches Verbrennen durch den Zutritt des Luftsauerstoffs zu verhüten, müssen die Leuchtkörper sich im luftleeren bzw. „luftverdünnten" Raum befinden, wozu eine leicht zu evakuierende und sodann zugeschmolzene Glasbirne allgemein verwendet wird.

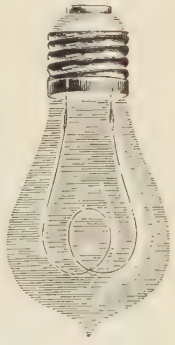
Ein wesentlicher hygienischer Vorzug besteht darin, daß sich keine die Luft verschlechternde Verbrennungsgase bilden und auch die Wärmeentwicklung eine verhältnismäßig geringe ist (S. 115).

Das Kohlenfadenglühlicht (Edisonlampe).

Zu diesem Glühlicht wird ein dünner Kohlenfaden verwandt, der aus gelöster und dann in Fäden gepreßter und verkohlter Zellulose (Bambusfaser) hergestellt ist.

Das Glühlicht hat gegenüber der weißen Lichtqualität des Gasglühlichts einen mehr gelblichen Ton und blendet — zumal bei stärkerer Kerzenzahl — stark, sodaß im Interesse der Augenhygiene meist „mattierte" Glasbirnen verwendet werden. Im allgemeinen beträgt die Helligkeit der Kohlenfadenglühlampen 16—32 HK., doch gibt es auch noch solche von höherer Kerzenzahl; bei längerem Gebrauch — die Brenndauer ist verschieden und kann bis zu 1000 Brennstunden betragen — nimmt jedoch die Helligkeit ab, was man an dem dunklen, fleckigen Beschlagen der inneren Glasfläche erkennen kann (Altersbeschlag).

Abbildung 37.



Der Grund für die Bildung dieses Niederschlags ist noch nicht festgestellt, man vermutet nach Wedding, daß es sich vielleicht um eine Oxydation des Fadens infolge geringen Lufteintritts oder um ein Zerstäuben handelt.

Die 16kerzige Lampe hat einen Stromverbrauch von 59 Watt, ca. 3,5 bei 1 HK. und entwickelt 53 Kalorien in der Stunde, ohne Verbrennungsgase abzugeben.

Metallfadenlampen.

Da die Helligkeit der gewöhnlichen Kohlenfadenlampe besonders im Vergleich zu ihren Betriebskosten zu wünschen übrig ließ, und eine stärkere Helligkeit nur durch Ueberlasten des Fadens zu erreichen war, bedeutete es einen wesentlichen Fortschritt in der Beleuchtungstechnik, als man an die Stelle des Kohlenfadens Metallfäden setzen konnte, welche bei den schon erwähnten Vorzügen der elektrischen Glühlampenbeleuchtung überhaupt eine größere Helligkeit

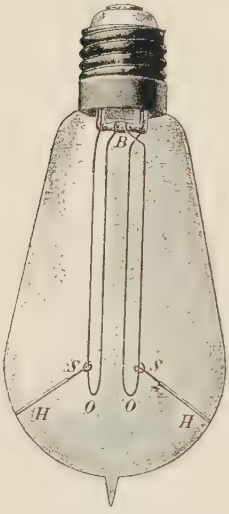
bei geringerem Stromverbrauch und längerer Lebensdauer gewähren, aber doch den Nachteil haben, daß sie, besonders bei Bewegungen, leicht zerbrechlich sind; der — vorläufig — noch höhere Anschaffungspreis wird auf die Dauer durch die Ersparnisse an Strom — gegebenenfalls wegen der stärkeren Leuchtkraft — durch Herabsetzung der Lampenzahl und durch die längere Brenndauer aufgewogen.

Der Tantalfaden[1]) verträgt eine Temperatur bis zu 2200° C. Um die Tantallampe für die Spannung von 110 Volt brauchbar zu

Abbildung 38.

Tantallampe.

Abbildung 39.



Osmiumlampe.

Abbildung 40.

machen, mußte das Tantal in einen 65 cm (= 0,022 g) langen, sehr dünnen Faden ausgezogen werden, der in der Birne an Glasarmen zickzackförmig befestigt ist (Abb. 38). Die Tantallampe hat nach Wedding eine Brenndauer von 700—800 Stunden, bei Gleichstrom sogar von 2000 Stunden; sie verbraucht stündlich ca. 1,05 Watt für 1 HK. (Kohlenfaden ca. 3,5.) Die Tantallampe gibt ein ziemlich weißes, blendendes Licht.

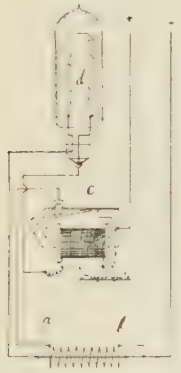
1) Wie Osmium ein sehr seltenes, teures Metall. Nach Brüsch kostet 1 kg Tantal 15 000 M. 1 kg Osmium 8250 M. 1 kg Gold oder Platin ca. 3200 M.

Osmium schmilzt erst bei 2500°, läßt sich also am stärksten erhitzen, aber sehr schwer in Fadenform bringen (Abb. 39). Die Osmiumlampe, von Auer von Welsbach eingeführt, liefert bei 1,5 stündlichem Wattverbrauch für 1 HK. ein sehr schönes weißes Licht, jedoch läßt sie sich in praktischen Dimensionen nur für ca. 50 Volt konstruieren, sodaß bei der gewöhnlichen Netzspannung von 110—220 Volt man zwei bzw. mehrere Lampen hintereinander schalten muß.

Die Osmiumfäden konnten früher nur senkrecht nach unten hängend angeordnet werden.

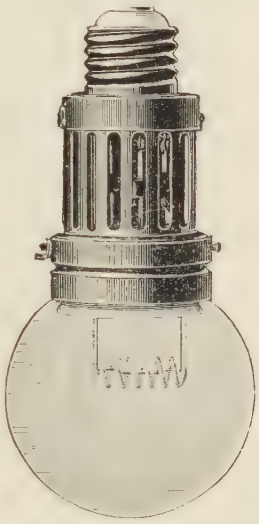
Ferner sind noch zu erwähnen die Osramlampe (Abb. 40), eine neuerdings durch Verbindung mit Wolfram widerstandsfähigere Osmiumlampe, die in allen Lagen mit ca. 70 pCt. Stromersparnis brennt,

Abbildung 41.



Schema der Nernstlampe
a = Brennerstäbchen, b = Heizspirale, c = Magnetspule mit Hammer, d = Widerstand.

Abbildung 42.



bei 1,1 stündlichem Wattverbrauch für 1 HK. und die Wolframlampe, bei der das Wolframmetall nicht als reiner Metallfaden, sondern in einer Paste gezogen wird; ihr stündlicher Wattverbrauch ist 1,0 für 1 HK., doch läßt sie sich nur mit geringer Kerzenzahl herstellen.

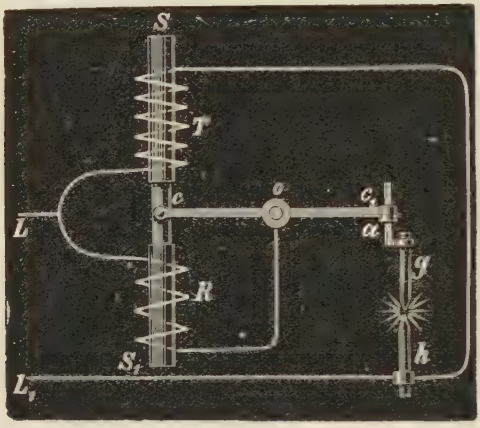
Die Nernstlampe.

Bei der Nernstlampe werden, ähnlich wie beim Gasglühlicht, unverbrennbare Stoffe, wie Stäbchen aus Magnesiumoxyd und Yttriumoxyd, zur Weißglut erhitzt. So lange das Stäbchen kühl ist, leitet es die Elektrizität nicht bezw. schlecht; erwärmt es sich, so wird es ein guter Leiter und erglänzt in heller Weißglut. Aus diesem

Grund ist das Stäbchen von einer Platinspirale umgeben, welche zunächst durch den elektrischen Strom zur Rotglut erhitzt wird und dadurch das Stäbchen erwärmt. Geht dann der elektrische Strom durch das Stäbchen, so wird ein Hammer eines Elektromagneten angezogen, wodurch die Platinspirale aus dem Stromkreis ausgeschaltet wird (Abb. 41 nach Gaertner).

Das Nernstlicht ist nach dem Azetylen das weißeste Licht, das wegen der Blendung durch eine mattierte Glocke gedämpft wird, es braucht für 1 HK stündlich nur 1,5 Watt, erzeugt bei 25 Kerzen nur

Abbildung 43.



Entstehung des elektrischen Bogenlichts (mit Regulator).

L = Stromeintritt; R u. T. = Spulen aus starkem bzw. feinem Draht; g, h = Kohlenstifte; SS_1 = Eisenstab; O = Drehpunkt des Hebels cc_1.

Der Hauptstrom durchläuft *R*, dann *gh* und tritt bei L_1 aus. Liegen *gh* eng aneinander, so wird durch den Strom der Spule *R* das Eisen magnetisch und in die Spule hereingezogen. Durch Vermittlung von cc_1 trennen sich *gh* und der Flammenbogen entsteht. Umgekehrt verhält es sich, wenn durch Abbrennen der Kohlen der Widerstand für den Hauptstrom durch *gh* zu groß wird. Es nimmt dann der Nebenstrom in *T* zu, *S* wird in die Spule *T* gezogen und *gh* nähern sich, bis die Wirkung der Spulen *T* und *R* im Gleichgewichte steht.

33 Kalorien und keine die Luft verschlechternden Verbrennungsgase. Es werden auch Nernstlampen mit sehr hoher Kerzenzahl hergestellt (Abb. 42 nach Praußnitz); ein geringfügiger Nachteil ist das verspätete Aufleuchten; auch läßt manchmal die Dauerhaftigkeit zu wünschen übrig.

Das Bogenlicht.

Das elektrische Bogenlicht entsteht bei der Unterbrechung des elektrischen Stroms durch die Entfernung zweier als Elektroden

dienender Kohlenenden[1]) bis zu etwa 4 mm von einander. Durch diese Entfernung entsteht ein Unterbrechungsfunke bzw. ein aus glühenden Kohlepartikelchen bestehender Funkenstrom (Abb. 43), ein Lichtbogen, der die höchste, bisher erreichte Temperatur von 4000° C. aufweist. Der positive Kohlestab brennt kraterförmig aus, der negative Pol gibt nur 15 pCt. des entstehenden Lichts ab (Abb. 44). Bei Gleichstromlampen ist der negative Pol unten, der positive oben, da die stärkste Lichtemission (etwa 15 pCt.) in einem Winkel von 45 bis 50° unter der Horizontalen stattfindet (von Esmarch); bei Wechsel-

Abbildung 44.

Unterbrechungsfunke (Flammenbogen) bei dem elektrischen Bogenlicht.
c, g = schmelzende Beimengungen der Kohle.

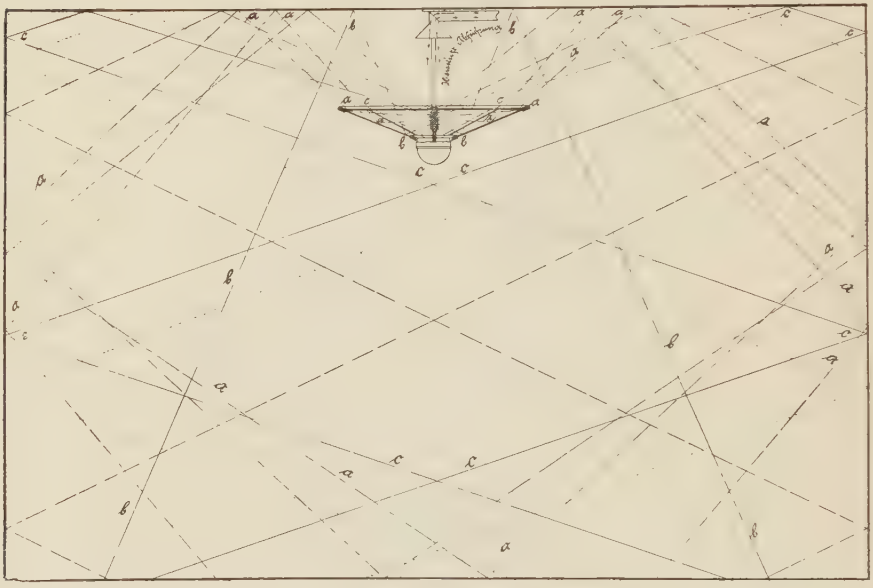
strom ist die Lichtabgabe nach oben und unten gleich (35—40° über und unter der horizontalen). Die Helligkeit der Bogenlampen schwankt zwischen 150 und etwa 3000 HK, sodaß sich für die Innenbeleuchtung nur kleinere Lampen eignen. Da aber ein Herabfallen der glimmenden Kohlepartikelchen vermieden werden muß, wird die Bogenlampe in ihrem unteren Teil stets von einer Glasglocke umgeben, die 15—40 pCt. Licht je nach ihrer Dicke und Farbe absorbiert.

Das Licht — ohne Glasglockenschutz — ist sehr grell, es gleicht in seiner Zusammensetzung ungefähr dem Tageslicht, vorausge-

1) Aus besonders harter Retortenkohle bestehend.

setzt, daß in der Betriebsleitung keine zu hohe Spannung herrscht, und an der Lampe eine gute Regulierung des Kohlenabstandes vorgenommen ist; im anderen Fall ist das Licht violett und außerdem sehr unruhig und flackernd. Den Kohlenstiften setzt man manchmal Metallsalze (Natrium) zu, wodurch man das Licht färben (Bremerlicht) und unter Umständen seine Intensität erhöhen kann. Die Bogenlampe ist nach Wedding trotz einer Temperatur von 4000° C. das kühlste Licht, da auf 1 Kerze nur 0,37 Kalorien gegen 2,6 bei der Kohlenfadenlampe und 28,7 bei der Petroleumlampe entfallen. Die Verbrennungsgase enthalten nur geringe Spuren von Kohlensäure.

Abbildung 45.



Zweckmässig konstruierter Reflektor.

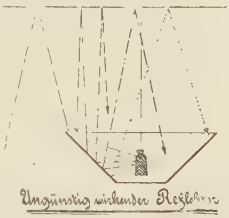
Die Bogenlampen mit niedrigerer Stromstärke kommen hauptsächlich für die Innenbeleuchtung in Betracht, sie zeichnen sich meist auch dadurch aus, daß sie ein etwas gleichmäßigeres Licht geben. Das unruhige, zuckende Bogenlicht von höherer Stromstärke ist für die Augen störend, da die häufiger wechselnde Lichtintensität einen Reiz von wechselnder Stärke auf die Netzhaut und die Pupillenmuskulatur ausübt.

Indirekte Beleuchtung.

In Räumen, in denen feinere Arbeiten ausgeführt werden, wie in Zeichensälen, Hörsälen militärischer Bildungsanstalten u. a., entstehen bei dem Vorhandensein mehrerer Lichtquellen durch den sich von

Personen oder Gegenständen bildenden Schatten Störungen. Diese Schattenstörungen treten bei der natürlichen Raumbeleuchtung nicht in so hohem Grade auf, da das Sonnenlicht in den meisten Fällen nicht direkt, sondern von den Wänden und Decken reflektiert auf den Arbeitsplatz fällt. Diese Beleuchtungsart hat man auch bei der künstlichen Beleuchtung nachgeahmt. Hierbei wird das Licht einer möglichst intensiven Lichtquelle — Bogenlicht, Nernstlicht oder Gasbeleuchtungsarten mit großer Lichtintensität (S. 114) — durch geeignete Reflektoren unter der Flamme gegen eine weißgestrichene Decke oder einen geeigneten oberen Reflektorschirm geworfen.

Abbildung 46.



Um einen günstigen Effekt zu erreichen, kommt es sowohl auf die richtige Art der Reflektorkonstruktion (Abb. 45 und 46), auf die besonders Himmel (17) hinweist, als auch auf eine tadellos weiß gestrichene und möglichst glatte Decke an. Häufig findet man letzteren Punkt wenig oder garnicht berücksichtigt, da bei vorhandenen, vielfach mit Stuck und Balken versehenen Decken häufig noch nachträglich indirekte Beleuchtung eingeführt wird.

Besonderer Wert ist auf eine möglichst rein weiße Farbe zu legen, da bei einer von Staub schmutzigen Decke viel Licht durch Absorption verloren geht, was um so mehr ins Gewicht fällt, als durch die indirekte Beleuchtungsart an und für sich schon etwa zwischen 30 und 60 pCt. Licht der direkten Beleuchtung gegenüber unwirksam wird. Auch die Zimmerwände müssen aus demselben Grund möglichst hell gehalten sein.

Man kann bei richtiger Durchführung der indirekten Beleuchtung wohl behaupten, daß es das am meisten hygienische Licht ist, da außer den bereits erwähnten Vorzügen eine Blendwirkung beim Hineinsehen in die Lampe vermieden wird, und die strahlende Wärme sich in geringerem Grade als sonst bemerkbar macht.

Wegen der Schwierigkeiten bei dem Reinhalten der Decken hat wohl die indirekte Beleuchtung noch nicht die gebührende Verbreitung gefunden.

Hygienische Betrachtungen der künstlichen Beleuchtungsarten unter Berücksichtigung der Kosten.

Es ist nicht möglich, auch unter Berücksichtigung militärischer Verhältnisse, eine Beleuchtungsart als die zweckmäßigste zu bezeichnen; bei der Auswahl wird zunächst das vorliegende Be-

dürfnis nach Beleuchtungsstärke, das z. B. auf einem Kasernenkorridor ein geringeres ist als in einem Regimentsgeschäftszimmer oder einem Schulzimmer einer Kadettenanstalt, ferner die für den militärischen Betrieb gebotene Sicherheit vor Vergiftungen, Explosionen, weiter die Rücksicht auf möglichst geringe Luftverschlechterung, wie in Lazaretten, und schließlich nicht zu starke Wärmestrahlung mehr oder weniger maßgebend sein müssen.

Für den großen militärischen Haushalt können aber diese hygienischen Anforderungen nicht die Kostenfrage zurückdrängen; letztere wird für die Militärverwaltung im großen ausschlaggebend sein, während in Einzelfällen, wie bei der Beleuchtung der Krankenstuben oder der verhältnismäßig seltenen Beleuchtung des Festsaales einer militärischen Bildungsanstalt erstere mehr Berücksichtigung finden können.

Vom hygienischen Standpunkt ist ohne Frage die elektrische Beleuchtung — für größere Räume als indirekte Beleuchtung — die empfehlenswerteste, für die ganze Armee aber zu teuer. Sie wird z. B. in militärischen Gebäuden, in denen die nötige Betriebskraft auch für andere Zwecke nutzbar gemacht werden kann oder aus äußeren Gründen preiswert zur Verfügung steht, zur Anwendung kommen können.

Für militärische Gebäude, in denen überhaupt elektrische Beleuchtung vorhanden ist, müssen die Metallfadenlampen Berücksichtigung finden, da sie in Anlehnung an Beil. 11 F. S. O. § 2 eine möglichste Sparsamkeit im Stromverbrauch gestatten.

Was die Lichtstärke anbelangt, so kann man die für die verschiedenen Zwecke notwendige Helligkeit wohl mit allen Beleuchtungsmaterialien erreichen; maßgebend ist auch hierbei die Wirtschaftlichkeit.

Ungefähre Kosten (Pf.) für 100 Kerzen Helligkeit pro Stunde nach der „Deutschen Bauzeitung“ [1]):

Elektr. Glühlicht (Kohlenfaden)	Bogenlicht	Nernstlicht	Gasglühlicht	Azetylengas	Spiritus	Petroleum
12,4	10,0	8,0	5,0	5,8	5,0	5,4

oder man erhält nach Schmitt für 1 M.[2])

durch Paraffinkerzen . . . . . 100 Kerzenstunden
„ Leuchtgas-Argandbrenner . . 400 „
„ „ -Glühlicht . . . . 3230 „

1) 1901.
2) v. Esmarch (18)

durch	Lukaslicht	4000 Kerzenstunden
„	Azetylen	670 „
„	Petroleum (Flachbrenner) . .	770 „
„	„ (Rundbrenner) . .	1400 „
„	Spiritus-Glühlicht	1100 „
„	Elektrisches Glühlicht . . .	350 „

Hiernach ist für geschlossene Räume, da das Lukaslicht nur für Straßen in Betracht kommt, das Gasglühlicht mit Berücksichtigung der gelieferten Helligkeit die billigste Beleuchtungsart.

Auch folgende Tabelle nach Heim (19), welche die von der gewöhnlichen, entsprechenden Lichtquelle gelieferte Lichtstärke berücksichtigt, gibt hierüber die nötigen Aufschlüsse:

	Lichtstärke	Preis Pf.
Petroleumlicht	30	2,2
Spiritusglühlicht . . .	30	2,0
Gasglühlicht	50	1,3
Argandbrenner . . .	20	2,6
Lukaslicht	500	6,5—7,8
Azetylenlicht	60	3,6
Kohlenfadenlampe . .	16	2,64
Nernstlicht	25	2,1
Bogenlicht	600	14,2

Die Kosten für die üblichen Beleuchtungsarten stellt Wedding in folgender Tabelle zusammen, wobei für Petroleum (1 l) 20 Pf., für Spiritus (1 l) 30 Pf., für Gas (1 cbm) 13 Pf. und für elektrisches Licht (Kilowattstunde) 40 Pf. zugrunde gelegt sind.

	für 1 Stunde
Petroleum	1,1 Pf.
Spiritusglühlicht	3,8 „
Gasglühlicht	1.4 „
Kohlenfadenlampe	2,4 „
Tantallampe	1,6 „
Wolframlampe	1,0 „

Sieht man also von der Lichtstärke ab und nimmt nur den Ersatz einer gewöhnlichen Petroleumlampe, so erkennt man aus dieser Tabelle, daß das Gasglühlicht nach dem Petroleum das billigste ist, da eine Wolframlampe vorläufig eine noch nicht ausreichende Helligkeit besitzt, in der Praxis auch noch nicht recht eingeführt ist; unberücksichtigt ist leider in der Tabelle das hängende Gasglühlicht, das vor dem stehenden noch den Vorzug verdient.

Von den elektrischen Glühlampen steht die Tantallampe an erster Stelle; am teuersten — und deshalb im militärischen Haushalt nicht eingeführt — ist das Spiritusglühlicht.

Von besonderer Bedeutung für die gesundheitlichen Verhältnisse ist die Frage, in welchem Grade durch eine Lichtquelle eine Luftverunreinigung herbeigeführt wird, d. h. wie viel Kohlensäure (CO_2), Wasserdampf (H_2O) oder andere schädliche Gase (Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Kohlenoxyd [CO] u. a.) sich bei der Verbrennung bilden, und wieviel Sauerstoff für die Verbrennung des Leuchtstoffes verbraucht wird.

Die Kohlensäure stellt den höchsten Grad der Verbrennung dar; je vollkommener aber die Verbrennung ist, um so geringer ist die Menge der unvollständig oxydierten und daher schädlichen Verbrennungsprodukte (Kohlenoxyd CO). Jedenfalls sind selbst größere von der Beleuchtung ausgehende Kohlensäuremengen in einem Raum nicht schädlich (siehe auch Band I Abschnitt „Luft“ und diesen Band Abschnitt „Ventilation“).

Wasserdampf findet sich wie die Kohlenräure auch überall in der Luft, er ruft besonders in Verbindung mit einer höheren Raumtemperatur, die von den Leucht- und Heizquellen und den anwesenden Menschen ausgeht, aber erst in höherem Prozentsatz („relative Feuchtigkeit“) die „schwüle Luft“ hervor, in der sich der Mensch nicht wohl fühlt und Ermüdungserscheinungen (Gähnen, Kopfschmerzen) zeigt.

Auch die Leuchtkraft, besonders des Gaslichtes wird durch erhöhte Luftfeuchtigkeit gemindert.

Die bei den einzelnen Beleuchtungsarten entstehenden Mengen Kohlensäure, Wasser und Wärmeeinheiten gibt nachstehende Zusammenstellung [20[1]] wieder. Die Zahlen sind auf 100 HK. Lichtstärke für die Dauer von 1 Minute, die über Wärmeeinheiten auf 1 Liter Wasser bezogen. (Siehe Tabelle S. 119.)

Den Verbrauch an Sauerstoff (kg in 1 Stunde) erkennt man in folgender Tabelle (entsprechend auf 1 kg bezogen).

Elektr. Glühl.	Bogenlicht	Azetylen	Gas 2 Lochbrenner	Petroleum	Paraffin	Wachs	Stearin	Rüböl
0	2,66	3,10	4,03	3,45	3,43	3,14	2,92	3,04

Zum Vergleich sei erwähnt, daß der Mensch nach Pettenkofer 38 g Sauerstoff in 1 Stunde verbraucht.

1) Literaturverzeichnis.

Beleuchtungsart	Es werden entwickelt		
	Wasser g	Kohlensäure bei 0° C.	Wärme-einheiten
Elektrisches Bogenlicht	0	Spuren	57—158
„ Glühlicht	0	0	153—430
Leuchtgas Argand (Rundbrenner)	866	460	4860
„ Glühlicht	640	350	930—3700
Petroleum {Rund / Flach} Brenner	370	440	3360
	800	950	7200
Rüböl (Studierlampe)	850	1000	6800
Paraffinkerze	990	1220	9200
Wallratkerze	890	1170	7960
Wachskerze	880	1180	7060
Stearinkerze	1040	1300	8940
Talg	1050	1450	9700

Man erkennt bei dieser Betrachtung die Ueberlegenheit des elektrischen Lichtes — besonders des Glühlichts —; das Gas und das Petroleum (mit gutem Brenner) nimmt eine Mittelstellung ein; die Kerzenbeleuchtung, bei welcher durch das Rußen noch andere unvollständige Verbrennungsprodukte hinzukommen (Talgkerzen) steht am ungünstigsten.

Ein Rußen ist auch bei der Petroleumbeleuchtung nicht selten, dagegen bei sämtlichen elektrischen Glühlichtlampen ausgeschlossen und bei dem Gasglühlicht nur in ganz geringem Grade vorhanden.

Wichtig für militärische Gebäude ist die Explosionsfeuersgefahr; sie ist bei gutem Petroleum und richtiger Behandlung der Lampen äußerst gering, bei Gasbeleuchtung dagegen größer, da Gas auch infolge von Undichtigkeiten oder Fahrlässigkeit bei Mischungen mit der Luft (6—7 pCt.) explosionsfähig ist.

Beim elektrischen Glühlicht spielt die Feuersgefahr praktisch keine Rolle, da beim Zerspringen der Gasglocke der Faden erlischt; bei den Leitungen kann aber Kurzschluß eintreten und bei Bogenlampen können glühende Kohlenstückchen absplittern oder die glühenden Kohlenstäbe aus den Fassungen fallen.

Vorsichtsmaßregeln beim Gebrauch von Beleuchtungsgegenständen.

Kein militärisches Gebäude ist gegen den Schaden beim Ausbruch eines Brandes bei einer Feuerversicherung versichert, ebensowenig die verschiedenartigen Geräte und Ausrüstungsgegenstände, wie sie auf den einzelnen Kompagnie- usw. Kammern gelagert sind.

Die Aufbewahrungsräume werden meist nur bei Tage betreten, und ein dort ausbrechendes Feuer gehört wohl zu den Seltenheiten.

Es dürften trotzdem die wichtigsten Vorsichtsmaßregeln aus der ausführlichen Abhandlung „Der Schutz der Städte vor Schadenfeuer“ von O. v. Ritgen (21) auch für militärische Verhältnisse Wert haben. Wegen des besonderen Feuerschutzes der Pulvermagazine, Patronenhäuser usw. siehe die entsprechenden Abschnitte im Band III.

Bei geringeren Entfernungen einer Leuchtflamme als 1 m vom Deckenputz und $^1/_4$ m vom Fachwandputz müssen zum Schutz Metallblaker angebracht und zwar entweder am Mauerwerk oder an der Lampe befestigt werden (Nägel im Holz würden sich leicht lösen, weil dieses unter der Einwirkung erheblicher Wärme stark schwindet). Unter unverputzten Holzdecken sind außerdem Schutzbleche von Eisen mit Innehaltung einer Luftschicht anzubringen, doch soll dabei die Zylinderoberkante der Lampe noch mindestens 25 cm von der Decke entfernt bleiben.

Wenn schon die Notwendigkeit solcher Vorschrift in die Augen springt, so wird doch allzuoft aus Gleichgiltigkeit oder Nachlässigkeit dagegen gefehlt.

Auch die Verwendung beweglicher Gasarme, die so gedreht werden können, daß die Flamme brennbaren Gegenständen zu nahe kommt, gehört zu den wenig beachteten kleinen Ursachen oft großer verderblicher Wirkungen. Sie ist deshalb in allen Gebäuden, in denen sich leicht brennbare Gegenstände befinden, untersagt. In solchen Räumen darf Petroleum auch nur in bester Qualität d. h. von etwa 40° bis zu 100° Abel-Test verwendet werden.

Gasbeleuchtung bietet zwar bei sorgfältiger Herstellung und sachgemäßem Betrieb eine erhöhte Sicherheit, doch kommen leider verderbliche Explosionen vor. Mangelnde Gewissenhaftigkeit und ungenügende Sachkenntnis bilden meist die Veranlassung dazu, sei es, daß die Gefahr von der Leitung oder vom Gasmesser ausgegangen ist. Es empfiehlt sich deshalb, damit auf die Instandhaltung die erforderliche Sorgfalt mit Erfolg verwendet wird, daß die Gaswerke den Hausbewohnern gedruckte Anweisungen zur Bedienung der Anlagen[1]) an die Hand gehen. Der Haupthahn muß über Nacht geschlossen sein, doch darf das Zudrehen erst dann erfolgen, wenn die Hähne an sämtlichen Brennern geschlossen sind; die umgekehrte Reihenfolge ist beim Aufdrehen zu beobachten.

Gasexplosionen lassen sich fast immer abwenden, wenn 1. bei der Wahrnehmung von Gasgeruch Feuer und Licht aus dem Raum und allen durch Türen, Fenster, Luftschächte usw. damit in Verbindung stehenden Räumen entfernt, 2. alsdann Türen und Fenster zur Lüftung geöffnet und durch Schließen des Haupthahnes die weitere Zuführung verhindert, hierauf die zuständige Inspektion des Werkes oder ein erfahrener Installateur in Kenntnis gesetzt werden. Das selbständige Aufsuchen der fehlerhaften Stelle ist jedenfalls zu unterlassen, zumal man dabei Licht zur Hand haben muß und auch bei geöffnetem Fenster noch eine explosible Gasmischung namentlich an der Decke zurückgeblieben sein kann.

Solange noch nicht Feuer und Licht außer jedem Bereich gebracht ist, kann das Oeffnen von Fenstern und Türen sogar geradezu verderblich werden, weil dadurch noch vorhandene Gasmassen in Bewegung geraten und in die Nähe von Flammen gelangen können.

Elektrische Beleuchtungsanlagen [Kallmann (22)] sind zwar an sich geeignet, die weitest gehende Gewähr für Feuersicherheit zu bieten, und dieser Umstand hat z. B. auch darin Ausdruck gefunden, daß bei großen Theatern nur elektrisches Licht zulässig ist (abgesehen von Kerzen und Lampen mit Pflanzenöl zur Notbeleuchtung), indessen haben neuere Erfahrungen bewiesen, daß gerade von der Elektrizität besondere Gefahren ausgehen können. Zahlreiche Schadenfeuer werden namentlich auf Kurzschluß zurückgeführt. Dieser entsteht, wenn ein Strom aus nicht immer aufzuklärenden Gründen den vorgezeichneten Weg, anstatt ihn zu verfolgen, abkürzt und unter Funkenerzeugung überspringt.

Je leichter entzündlich die Stoffe sind, die er auf dem Abwege vorfindet, je mehr Brennstoff vorhanden, desto größer ist die Gefahr. In den 80er Jahren begann man deshalb in Frankreich und England Ausführungsbestimmungen aufzustellen, seit 1892 kamen bei den deutschen Privatversicherungsgesellschaften „Vor-

1) Beispiel einer solchen Anweisung in „Bauunterhaltung in Haus und Hof“ von O. v. Rittgen, Wiesbaden 1899. Bechthold & Co.

sichtsbedingungen“ in Gebrauch und seit 1898 gelten als Normen die vom Verband deutscher Elektrotechniker herausgegebenen Sicherheitsvorschriften für Starkstrom- und für Hochspannungsanlagen[1]), denen sich neuerdings weitere für Mittelspannungsanlagen[2]) angeschlossen haben. Zuverlässige Installationswerke befolgen diese Vorschriften und die Behörden legen sie der von ihnen auszuübenden Kontrolle zu Grunde.

Immer unabweislicher wird die Notwendigkeit einer Kontrolle, doch ist die Frage, durch welche Organe sie ausgeübt werden soll, nicht leicht zu beantworten, da hinreichend sachkundige Beamte erst herangebildet werden müssen, im Erwerbsleben stehende angesehene Elektrotechniker aber ihre Arbeitskraft nur gegen hohes Entgelt zur Verfügung stellen. Ausdrückliche Bescheinigungen ausführender Firmen darüber, daß die Normen genau befolgt sind, bieten — wenn schon pro domo ausgestellt — immerhin eine dem Rufe des Werks, soweit er berechtigt ist, gleichstehende Gewähr.

Neuerdings hat sich in Berlin ein Verein zur Prüfung und Ueberwachung elektrischer Anlagen gebildet, was einem vielseitigen Bedürfnis der Besitzer solcher Anlagen namentlich insofern entsprechen mag, als sie durch die falschen Angaben ungenügend in Stand gehaltener Zählapparate in Nachteil kommen können, und vielfach Brandschäden entstanden sind, die sich hätten vermeiden lassen.

Nicht nur der Feuersicherheit wegen, sondern auch als Gewähr für die volle Ausnutzung des zu bezahlenden Stromes lassen anderwärts viele Besitzer solche Prüfungen vornehmen, so gibt es z. B. einen Thüringischen Revisionsverein elektrischer Anlagen, auch in Baden wird eine derartige Tätigkeit von einem solchen Verein seit Jahren wahrgenommen.

Literatur.

1. Rubner, M., Lehrbuch der Hygiene. 1907.
2. „ Die strahlende Wärme irdischer Lichtquellen in hygienischer Hinsicht. Arch. f. Hyg. Bd. 23.
3. Brüsch, Die Beleuchtungsarten der Gegenwart. 1906. Verlag von Teubner. Leipzig-Berlin.
4. Wedding, Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der Beleuchtung. Hyg. Rundschau. 1908. S. 1191.
5. Hirsch, Diskussionsbemerkung zu Wedding (siehe 4). Hyg. Rundsch. 1908.
6. Collin, Zur Kenntnis und Diagnose der angeborenen Farbensinnstörungen. Veröffentlichungen a. d. Gebiete des Mil.-San.-Wesens. Heft 32.
7. Gaertner, Leitfaden der Hygiene. 1909.
8. Lehmann, K., Die Methoden der praktischen Hygiene. Verlag von Bergmann. Wiesbaden 1901.
9. Flügge, C., Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden. 1908.
10. Gottschlich, Reichenbach, Wolpert, Die Tageslichtmessungen in Schulen. Klinisches Jahrbuch. Bd. XII.
11. Zeitschr. f. Instrumentenkunde. 1884. Oktbr. S. 343—347; — Bericht des VI. internat. Kongr. f. Hygiene und Demographie. Wien 1887; — F. Ritter von Gruber, Die Versorgung der Gebäude mit Sonnenwärme und Sonnenlicht. S. 52—102; — Uffelmann, Handb. der Hygiene. 1890. S. 25—26. Dingl. Journ. Band 259. S. 122; — Th. Weyl, Handbuch der Hygiene. IV. Bd. S. 65—66; — L. Weber, Repetitorium d. Experimentalphysik. S. 104—106.
12. Metzger, Die Beleuchtung in Praußnitz, „Atlas und Lehrbuch der Hygiene.“ 1909.
13. v. Esmarch, Die Tageshelligkeiten in Göttingen im Jahre 1906. Zeitschr. f. Hyg. Bd. 58. S. 14.
14. Nagel, Handbuch für Azetylen.
15. Erdmann-König, Grundriß der allgemeinen Warenkunde. Verlag von Joh. Ambros. Barth. Leipzig 1895.
16. Graetz, Die Elektrizität und ihre Anwendung. Verlag Engelhorn. Stuttgart.

1) Hochspannungsleitungen sind so zu verlegen, daß sie jeder unbeabsichtigten Berührung unzugänglich sind.

2) Berlin bei J. Springer; München bei R. Oldenbourg.

17. Himmel, Ueber zweckmäßige Herstellung der Räumlichkeiten und Konstruktion von Lampen und Brennern für indirekte Beleuchtung. Journal f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. 1907.
18. v. Esmarch, Hygienisches Taschenbuch. 1908.
19. Heim, Lehrbuch der Hygiene. 1903.
20. Deutsches Bauhandbuch. (Baukunde des Architekten.). I. Bd. 2. Teil.
21. Weyl, Handbuch der Hygiene. II. Supplementband.
22. Kallmann, Grundzüge der Sicherheitstechnik für elektrische Licht- und Kraftanlagen.

III. Abschnitt.

Wärmeregulierung der Räume (Heizung).[1]

A. Hygienische Betrachtungen über Heizung.

1. Kapitel.

Notwendigkeit einer bestimmten Raumtemperatur.

Die Erwärmung der Räume erfolgt in der warmen Jahreszeit in der Hauptsache durch die direkte oder indirekte Sonnenstrahlung, in geringerem Grade durch die Wärmeabgabe des menschlichen Körpers und die der Beleuchtungsflammen, im Winter außerdem durch besondere Heizvorrichtungen. Der Einfluß der Sonnenwärme ist in dem Kapitel „Orientierung der Gebäude“ (S. 23 dieses Bandes) besprochen. Die Wärmemengen, die durch den menschlichen Lebensprozeß abgegeben werden, betragen nach Rubner

	W.-E/Stunde
bei einem Säugling	ca. 16
„ „ Erwachsenen in Ruhe	„ 96
„ „ „ bei mittlerer Arbeit	„ 118
„ „ „ „ schwerer „	„ 140
„ „ „ im Alter . . .	„ 90;

im übrigen siehe Wärmeregulierung des Menschen im Band I.

Die durch die verschiedenen Beleuchtungsarten entstehende Temperaturerhöhung ist im Kapitel „Beleuchtung“ dieses Bandes eingehend besprochen, und soll zum Vergleich mit obigen Zahlen hier nur noch folgende Tabelle nach Wedding angeführt werden.

Bei Entwicklung einer HK. werden für die Stunde im Mittel folgende Wärmeeinheiten frei:

1) Zusammenfassende Literatur am Schluß des Abschnitts „Lüftung“.

	W.-E.		W.-E.
Petroleum	32	Azetylen	8,9
Leuchtgas (Argand)	50	Elektr. Glühlicht .	2,59
Gasglühlicht . . .	10	Elektr. Bogenlicht .	0,26
Spiritusglühlicht. .	10,6		

Obwohl mit 40° Lufttemperatur (Tropen!) schon mehr oder weniger erhebliche Störungen des Wohlbefindens verbunden sein können, ist es doch möglich selbst bei Temperaturen von etwa 50° noch — wenn auch vorübergehend — zu arbeiten, wie die Erfahrungen bei Tunnelbauten und tiefen Bergwerken beweisen. Bei trockner Luft werden noch höhere Temperaturen ertragen. Diese Temperaturen werden aber in einem geschlossenen Raume nur selten erreicht (Heiz-Backräume).

Sowohl im Sommer wie im Winter hat sich eine durchschnittlich viel geringere Raumtemperatur, etwa 18—19° C., als wünschenswert bezw. notwendig ergeben, die dem menschlichen Körper auf die Dauer zuträglich ist; nur wenn sich die Wärmeabgabe mit der Wärmeproduktion in das richtige Verhältnis einstellt, hat der Körper das Gefühl einer gesunden Behaglichkeit.

In der kühlen Jahreszeit wird aber zumal in der Ruhe, z. B. beim Sitzen, dem Organismus durch eine zu niedrige Raumtemperatur zuviel Wärme entzogen. Die Abkühlung im Raume kommt unter dem Einfluß der Temperaturdifferenz von Außen- und Innenluft durch das Wärmeleitungsvermögen der Raumwände zustande; je weniger lufthaltig die Wandungen sind, um so besser leiten sie die Wärme; je größer der Unterschied zwischen Außenluft und Raumluft ist, um so schneller und um so stärker wird dem Raum Wärme entzogen (Wärmeverlust).

Der Zweck der Heizung liegt in dem Ersatz dieses Wärmeverlustes, in der Schaffung einer Umgebungstemperatur, welche eine zu große Entwärmung unseres Körpers verhindert, die notwendige Wärmeabgabe jedoch gestattet; sie muß also auch an den kältesten Tagen, für die in Deutschland bei Anlage einer Heizung als tiefste Außentemperatur —20 bis —25° C. (also Temperaturdifferenz ca. 40°) angenommen wird, für eine dem jeweiligen Bedürfnis entsprechende Raumtemperatur sorgen können d. h. den Wärmebedarf befriedigen.

Der stündliche Wärmebedarf (W) eines Raumes in Wärmeeinheiten läßt sich nach folgender Formel berechnen:

$$W_1 = F\ (t_i - t_a)\ K.$$

F ist die Größe der wärmeabgebenden Fläche in Quadratmetern, t_i die Innen-, t_a die Außentemperatur und K ein Koeffizient, der von der Art und Lage der einzelnen Wände abhängt und eine aus der Erfahrung gewonnene Mittelzahl darstellt (Erlaß des preuß. Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 15. 4. 1893). K beträgt z. B. für einfache Fenster **3,75**, für Mauerwände von 0,80—0,92 Wandstärke nur **0,65**.

Für besondere Verhältnisse, z. B. für starken Winden ausgesetzte Wände, wie auf hochgelegenen Truppenübungsplätzen, muß für K noch 10 pCt. hinzugerechnet werden; ferner ist die Leistung der Ventilation zu berücksichtigen nach der Formel

$$W_2 = 0{,}237\ L\ (t_i - t_e),$$

wobei L die mit der Temperatur t_e ein- und mit der Temperatur t_i austretende Luftmenge in Kilogramm darstellt. Die Summe von W_1 und W_2 ist der stündliche Wärmebedarf in Wärmeeinheiten, welche die Heizung liefern muß. Der gefundene Wert gilt für ununterbrochene Heizung, im andern Fall, bei periodischer Heizung, ist 10 bis 15 pCt. für schnelles Anheizen hinzuzurechnen.

Die militärischen Bestimmungen verlangen eine bestimmte Mindesttemperatur, die je nach der Verwendungsart des Raumes in gewissen Grenzen schwankt.

In den Mannschaftsstuben soll nach der G. V. O.[1]) in der Mitte der Stube in Kopfhöhe eine Temperatur von 18—19° C., in den Kranken-, Wohn- und Geschäftszimmern der Garnisonlazarette usw. nach der F. S. O.[2]) eine Temperatur von 19° C., in den Operationssälen eine solche von 25—30° C und in den Baderäumen bzw. auf den Fluren, Treppen und in den Aborten eine von 22° bzw. 15° C und in den militärischen Arrestzellen[3]) bei der beschränkten Bewegungsmöglichkeit der Arrestanten eine vielleicht etwas zu geringe von 17,5°C herrschen. (Weiteres im Band III Militärische Unterkünfte).

Nach v. Esmarch soll die Temperatur betragen:

in Wohn- und Geschäftsräumen	18—20° C
in Schulen, Hörsälen und Theatern	16—19° C
in Krankenzimmern (je nach der Krankheit) .	14—20° C
in Schlafräumen	12—16° C
in Arbeitsräumen, Werkstätten	12—18° C
in Kirchen, Museen	10—15° C
in Korridoren, Fluren etc.	12—16° C

Theoretisch wäre eine überall gleiche Raumtemperatur zu fordern: es bestehen aber nachweisbare Unterschiede sowohl in vertikaler als in horizontaler Richtung.

Die Temperaturdifferenz vom Fußboden bis zur Decke soll nicht mehr als 2—3° betragen, beträgt aber besonders bei stark hitzenden Beleuchtungsarten und unzweckmäßiger Ventilation manchmal viel mehr.

Rietschel beobachtete z. B. bei seinen Untersuchungen Schwankungen zwischen

	bei Gas	elektr. Licht
Fußboden und Kopfhöhe	2—3°	noch nicht 1°
Fußboden und Decke .	7—8°	1,5—2°.

1) Beil. 9. Bem. 3.
2) Beil. 11.
3) M. St. V. I. Teil. § 125, 9.

Renk fand bei derartigen Untersuchungen im gut ventilierten Münchener Hoftheater, daß die Grenztemperatur von 20° überschritten wurde

	bei Gaslicht	elektr. Licht
im Parkett um . .	6,6°	2,4°
auf der Gallerie um	10,6°	6,2°.

In horizontaler Richtung ist die von der Heizstelle ausgehende strahlende Wärme, zumal bei eisernen Oefen, Gasöfen usw. für die nächste Umgebung manchmal sehr störend, während andererseits sich an einer entfernteren Wand z. B. an der Fensterseite Abkühlung bemerkbar macht. Durch zweckmäßige Anordnung der Heizung im Raum lassen sich diese Unterschiede unter Umständen fast ganz ausgleichen (siehe später Anordnung der Heizkörper).

Wie bereits im Band I besprochen, ist neben der Temperatur des Raumes auch dessen relative Feuchtigkeit, die wenigstens 30 pCt. und höchstens 70 pCt. betragen soll, für das Wohlbefinden d. h. die geistige und körperliche Arbeitsfähigkeit des Menschen von Bedeutung.

2. Kapitel.

Wärmeerzeugung (Heizstoffe).

Die für die Heizung eines Gebäudes nötige Wärmemenge wird fast ausschließlich durch die Verbrennung fester Brennstoffe, wie Steinkohlen, Braunkohlen und Koks, seltener von flüssigen oder gasförmigen (Petroleum, Leuchtgas) und noch seltener durch Verwendung elektrischer Energie bewirkt.

Für militärische Verhältnisse kommen im allgemeinen als Brennmaterial nur Kohlen in Betracht; die für die einzelnen Räume je nach ihrer Größe und Bestimmung und der Jahreszeit verschiedenen Kohlenmengen sind in einem „Feuerungsmaterialientarif“ nach bestimmten Gesichtspunkten berechnet und aufgestellt[1]), worüber im Band III unter „Militärische Unterkünfte“ — Heizung von Kasernen etc. — ausführliche Mitteilungen gemacht werden. Stein- und Braunkohlen (Briketts) bestehen hauptsächlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, während die brennenden Substanzen des Koks ziemlich reiner Kohlenstoff sind.

Daneben enthalten diese Brennstoffe noch Wasser und andere Beimengungen, von denen ein Teil beim Verbrennen als Asche zurückbleibt.

Folgende Tabelle läßt nach Gramberg die durchschnittliche Zusammensetzung von Brennstoffen in Prozenten erkennen:

1) G. V. O. Beil. 8.

	Steinkohle [1]	Braunkohle [1]	Braunkohlenbriketts [1]	Gaskoks [1]	Anthrazit [2]	Holz [2]
Kohlenstoff . . .	70—80	40	52	84	95	50
Wasserstoff . . .	4	3	4	1	2	6
Sauerstoff	6—10	11	16	3	2,5	43
Schwefel	1—2	2	2	1	—	—

Ein Brennstoff wird im allgemeinen um so wertvoller sein, je höher sein Gehalt an Kohlenstoff ist; bei dem endgültigen Heizeffekt spielen aber noch andere Faktoren, wie die möglichst vollständige Verbrennung und die Art der Wärmeabgabe, eine Rolle.

Mißt man die Wärme kalorimetrisch nur ihrer Quantität nach, so erhält man die Wärmemenge (Brennkraft), bestimmt man aber thermometrisch (mit Thermoelementen oder Pyrometer) den Temperaturgrad, der erreicht wird, so erhält man die Heizkraft (pyrometrischer Effekt); beide zusammen bestimmen den eigentlichen Wert des Brennmaterials.

Nach Rubner liefert

1 kg	Wärmemenge in Kalorien	Pyrometrischer Effekt
Holz	2990	1950
Torf	2743—3900	2110
Braunkohle . .	4180	2250
Steinkohle . .	5014—8042	—
Preßkohle . .	4700—4900	—
Holzkohle . .	7440	2480
Koks	6800	2480
Anthrazit . . .	8000	2510
Petroleum . .	10 000	—
Leuchtgas . .	10 113	—

Von dieser Wärmemenge wird aber je nach der Art des Heizsystems (Ofen, Kessel), der Bedienung und der Zugwirkung im Schornstein nur ein gewisser Teil für die Erwärmung des Raumes ausgenutzt, der andere Teil geht durch den Abzug (Schornstein) verloren.

Es werden nach v. Esmarch ausgenutzt:

bei gewöhnlicher Kaminheizung . . . ca. 10 pCt.
„ „ Ofenheizung . . . 20—30 „ [3]
„ größeren Anlagen, Zentralheizungen 50—70 „

1) Nach Gramberg.
2) Nach Rubner.
3) Bei sorgfältiger Bedienung auch mehr.

Holz besteht im wesentlichen aus Pflanzenfasern und hat deshalb einen verhältnismäßig hohen Wassergehalt (40 pCt.); seiner leichten Entzündbarkeit wegen wird es zum Anbrennen der übrigen Brennstoffe benutzt, doch ist es in manchen Gegenden der einzige Feuerungsstoff. Holzkohle ist ein guter Brennstoff, dessen Heizwert nach Mayer 7000 WE. beträgt.

Torf entsteht durch Vermodern von Moosen, Grasarten oder Sumpfpflanzen und bildet sich überall da, wo sich die Vegetabilien in größeren Mengen auf einem undurchlässigen Untergrund ansammeln und dauernd dem Einfluß der Feuchtigkeit ausgesetzt sind. Torf enthält auch im lufttrockenen Zustand noch 25 bis 30 pCt. Wasser, er brennt mit langer, rußender Flamme und gilt als minderwertiger Heizstoff.

Die Braunkohle steht hinsichtlich des Grades der fossilen Vermoderung zwischen Torf und Steinkohle. Das Material zu ihrer Bildung haben hauptsächlich harzreiche Nadelhölzer geliefert. Die Braunkohle ist über einen großen Teil der Erdoberfläche verbreitet[1] und tritt namentlich in Mitteleuropa (Böhmen) in Form mächtiger Ablagerungen auf. Die Braunkohle verbrennt mit langer, qualmender Flamme; ihre Asche besteht aus Sulfaten und Silikaten des Kalziums, sowie aus Ton und Eisenoxyd.

Die Steinkohle schließt mit den Anthrazitkohlen als älteste Formation die Reihe der fossilen Umwandlungsprodukte der Pflanzenfaser ab; sie ist der wichtigste Brennstoff. Man unterscheidet lange und kurzflammige Kohlen; zu letzteren zählt der Anthrazit, der eine intensive Hitze entwickelt, aber auch eines starken Zugs bedarf. Ferner teilt man die Kohlen ein in Magerkohlen, Estkohlen, Fettkohlen, Gasflamm- und Gaskohlen. Die letzteren beiden verbrennen infolge ihres hohen Gasgehaltes mit lebhafter, langer Flamme und entwickeln in gewöhnlichen Feuerungen starken Rauch. Fettkohlen verbrennen mit heller, langer Flamme, aber mit mäßiger Rauchentwicklung; sie werden hauptsächlich für Dampfkessel verwandt. Die Estkohle ist der Magerkohle ähnlich; beide verbrennen mit etwas längerer Flamme als der Anthrazit, aber ohne stärkere Rauchentwicklung.

Briketts oder Preßkohlen werden aus den Abfällen der Mager- und Fettkohlen mit Hilfe von Steinkohlenpech als Bindemittel gepreßt. Ihr Heizwert steht nach Meyer demjenigen guter Kohlensorten wenig nach; durch das Kohlenpech entzünden sie sich schneller.

Koks wird bei der Leuchtgasbereitung (S. 93) gewonnen.

Von flüssigen Brennstoffen kommt nur das Petroleum und die Rückstände seiner Destillation, Masut, das auch einen Heizwert von 10 000 WE. hat, und schließlich von den gasförmigen das Leuchtgas mit einem Heizwert von 11 000—14 000 WE. in Betracht.

3. Kapitel.

Gefahren durch Rauch und Rauchgase.

Trotz der vielseitigen Bestrebungen der neuerdings in verschiedenen Städten erfolgreich tätigen, staatlich unterstützten „Rauchbekämpfungskommissionen“ wird der Rauch und der Ruß nicht zu beseitigen sein, solange mit Kohlen geheizt wird. Infolge der neuzeitigen Fortschritte der Heizungstechnik ist die Kohlenverbrennung zwar vollständiger als früher, aber doch noch derart, daß sich Kohleteilchen den Feuerungsgasen beimengen und den besonders in Industriegegenden sehr lästig empfundenen Rauch und Ruß bilden.

---

1) Die Gesamtkohlenförderung der Erde beträgt jährlich etwa 780 Mill. Tonnen Stein- und ca. 75 Mill. Tonnen Braunkohlen.

Die Beimengungen von Ruß und Rauchgasen nehmen unter den Ursachen für die schlechte Beschaffenheit der Stadtluft, unter denen auch die Militärpersonen zu leiden haben, die erste Stelle ein (Rubner, Renk, Ascher, Liefmann, Recknagel-Hahn).

Die Bildung bzw. Verteilung der Rauchgase und des Rußes ist hauptsächlich von den herrschenden Winden abhängig. Bei Nebel und „dunstigem" Wetter sind die Rußmengen im allgemeinen größer, nach Niederschlägen geringer; im Winter ist die Menge größer als im Sommer, Sonntags geringer als an Wochentagen, morgens mehr als mittags, mittags mehr als abends, am kleinsten ist sie in der Nacht.

Die Tageshelligkeit und Durchsichtigkeit der Luft wird durch den Ruß nachteilig beeinflußt.

Eine Verminderung der Rauchplage, die hauptsächlich durch Kesselfeuerungen und ähnliche Betriebe, aber auch durch die Hausfeuerungen bedingt ist, kann durch Vervollkommnung dieser Feuerungen, Auswahl eines guten — allerdings auch teueren — Brennmaterials und bessere Ausbildung und Beaufsichtigung des Heizpersonals und schließlich durch belehrende Schriften bewirkt werden. Letztere können aber nur auf örtliche Verhältnisse Bezug nehmen, da die klimatischen Einflüsse, die Heizvorrichtungen und die Feuerungsmaterialien in den einzelnen Gegenden sehr verschieden sind.

Steinkohlen, Briketts, Torf u. dgl. brennen mit stärkerer Rauchentwicklung; geringere Rauchentwicklung haben trockenes Holz, Koks, Gas.

Rauch und Ruß bilden an sich eine Gefahr für die menschliche Atmung, besonders gefährlich können sie aber auch dem Pflanzenwachstum durch die Beimengung von Schwefelsäure, schwefliger Säure[1]), die sich aus dem in den Kohlen enthaltenen Schwefel bilden, salpetriger Säure, Kohlensäure und Kohlenoxyd werden.

Geht der Rauch in die Atmosphäre, dann haben letztere beiden Gasarten keine Bedeutung, anders aber, wenn sie z. B. bei schlechtziehendem Schornstein, schlechtschließenden Füllschächten von Dauerbrandöfen, undichten Heizkörpern einer Zentralluftheizung in einen bewohnten Raum eindringen.

Durch quantitative Untersuchung der Rauchgase auf Kohlensäure, Kohlenoxyd und Sauerstoff, die sich neuerdings auch durch automatische Rauchgasanalysatoren[2]) ausführen läßt, kann man einen Schluß auf genügende oder ungenügende Luftzufuhr bei der Feuerung ziehen. Die Luftzufuhr gilt als ausreichend, wenn die Rauchgase zwischen 8

1) Nur in der Nähe des Schornsteins nachweisbar.
2) Ges.-Ing. 1909. Nr. 50.

und 10 pCt. Kohlensäure enthalten, und unvollständige Verbrennungsprodukte nur in ganz geringer Menge vorhanden sind, die bei ungenügender Luftzufuhr vermehrt sind.

Die wechselnde Abhängigkeit der Rauchgaszusammensetzung von der Luftzufuhr zeigt folgende Tabelle nach Rubner:

	Luftzufuhr		
	reichlich	normal	ungenügend
Kohlensäure . .	3,95 pCt.	8,73 pCt.	16,45 pCt.
Kohlenoxyd . .	0,06 „	0,10 „	1,94 „ !!
Sauerstoff . .	16,41 „	11,85 „	1,52 „ !!

Die Temperatur der abziehenden Verbrennungsgase muß mindestens 100—120° betragen.

4. Kapitel.

Gesundheitliche Anforderungen an eine Heizungsanlage.

1. Die Heizung soll die im Kapitel „Hygienische Betrachtungen über Raumtemperatur“ für die jeweilige Verwendungsart erforderliche Temperatur möglichst bald liefern, nicht überschreiten und bei zweckmäßiger Wärmezirkulation möglichst gleichmäßig d. h. ohne wesentliche Schwankungen trotz vorübergehender Abkühlungen (Fensteröffnen) erhalten; letzterer Forderung entsprechen alle Heizungsarten, die keine zu große Strahlungswärme, wie die eisernen und Gasöfen, haben und die sich regulieren lassen (siehe auch automatische Temperaturregler bei Zentralheizungen). Wünschenswert ist ferner, daß die Heizung kontinuierlich wirkt, sich namentlich während der Nacht keine höhergradige Abkühlung des Raumes einstellt.

2. Bei der Heizung soll, bei ausreichendem Luftzutritt, eine möglichst vollkommene Verbrennung erzielt werden, um die Bildung von Kohlenoxyd zu verhindern und gleichzeitig eine gute Ausnutzung des Brennstoffs zu erzielen.

Das Eintreten von Verbrennungsgasen in den Raum wird am sichersten verhindert, wenn die Heizung „guten Zug“ (Auftrieb) hat.

Zur Abhaltung der Rauchgase ist ferner eine den Besonderheiten des Brennmateriales entsprechende Konstruktion des Rostes, des Feuerraums und der Schornsteinrohre notwendig; letztere müssen entsprechende Weiten erhalten und dürfen nicht kalt liegen. Bei freistehenden Schornsteinen ist auf die Abkühlung der Rauchgase und die hierdurch entstehende Raumverminderung durch stärkere Verjüngung nach oben Rücksicht genommen; auch über dem Schornstein liegender Nebel oder auf ihn wirkende stärkere Besonnung kann eine Zug-

verschlechterung hervorrufen. In Rauchrohren, die sich in Wohnräumen befinden, dürfen auf polizeiliche Anordnung keine Verschlußklappen mehr, wie früher, angebracht sein, da auch bei nicht gänzlichem Verschluß Verbrennungsprodukte durch die Ofentür und Fugenundichtigkeiten des Ofens in den Raum eintreten können. Bei den hierdurch entstehenden Kohlendunstvergiftungen[1]), bei denen ausgedehnte Hirnblutungen und Aufregungszustände (transitorische Manie) beobachtet sind (Kissinger, Federschmidt), spielen auch teils giftige teils unatembare „brenzliche Substanzen" eine gefährliche Rolle; im Vordergrund steht aber die Kohlenoxydvergiftung, die bereits bei dem Leuchtgas besprochen ist.

Früher wurde durch die hinter der Feuerung gelegene Ofenklappe (Drosselklappe) die Regulierung der Heizung vorgenommen; jetzt ist diese meist vor der Feuerung, also in die Ofentür gelegt: bei den Feuerungsanlagen der Zentralheizungen läßt sich in den Schornsteinen eine Drosselklappe nicht immer entbehren, doch soll sie — geschlossen — noch einen reichlichen Durchtritt der Feuergase gestatten. Außerdem können sich in einem geheizten Raum die Schleimhaut der Geruchs- und Atmungsorgane belästigende Verbrennungsprodukte entwickeln, die nicht von dem Feuerungsmaterial selbst ausgehen, sondern durch die trockene Destillation oder das „Rösten" des auf der Außenseite stark geheizter Oefen oder Heizkörper abgelagerten Staubs entstehen (v. Esmarch, Nußbaum). Hierbei können sich auch geringe Mengen von Kohlenoxyd, namentlich aber das die Schleimhäute stark reizende Ammoniak und andere brenzlich riechende, flüchtige Produkte bilden. Die bei Zentralheizungen häufig geklagte „Lufttrockenheit" ist in erster Linie auf diese an den Heizkörpern sich abspielende „Staubversengung" zurückzuführen, die sich besonders bei der meist vorhandenen Ueberheizung unangenehm bemerkbar macht. Die Ablagerungen dieser Verbrennungsprodukte des Staubes machen sich an hellen Gegenständen in der Nähe der Heizkörper (Gardinen, weißen Wänden u. a.) durch einen bräunlichen, teilweise abwaschbaren Belag bemerkbar. Eine gewissenhafte Reinigung der zweckmäßig mit glatter und runder Oberfläche konstruierten Heizkörper (S. 150) kann diesen Uebelstand beseitigen bzw. mildern; wesentlich trägt aber hierzu die Erfüllung der neuerdings immer mehr betonten technischen Forderung bei, die Temperatur der Heizkörper so niedrig wie möglich zu halten, wodurch sich andererseits eine

1) Wegen Kohlendunstvergiftung in ungeheizten Zimmern durch Kamine, siehe Seite 134.

Vergrößerung oder Vermehrung der Heizkörper notwendig macht. Für zentrale Heizungen wurde auf der Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege in Danzig 1904 gefordert, daß die Heizkörpertemperatur aus diesem Grunde nicht über 70° gesteigert werden soll.

3. Diejenige Heizungsart ist in hygienischem Sinne besonders empfehlenswert, bei der in den Räumen keine Schmutz- und Staubbildung durch das Feuerungsmaterial und die Aschenbeseitigung erfolgt.

In dieser Beziehung stehen die Einzelheizungen den Sammelheizungen nach, ausgenommen den Fall, daß die Bedienung des Ofens von einem Vorgelege aus bewirkt wird, wobei die geschilderten Nachteile sich dann auf die Flure übertragen. Am ungünstigsten in hygienischem Sinne sind die Oefen, bei denen die Beschickung eines Schachtes von oben erfolgt, weil bei diesen der Austritt von Rauchgasen bei Oeffnung des Schachtdeckels sich kaum vermeiden läßt (Cadéofen).

4. Der Betrieb der Heizung soll gefahrlos und geräuschlos sein. Oefen können beim Nachschütten und Anzünden, wenn auch selten, explodieren, wenn vorher im Ofen eine Ansammlung von Verbrennungsgasen durch unvollkommene Verbrennung stattgefunden hat.

Störende Geräusche kommen in dem Leitungssystem der Zentralheizungen vor. Besonders bei den Dampfheizungen entsteht beim Begegnen von Wasser und Dampf in den Röhren ein „Knallgeräusch“, bei der Anheizung infolge der Längenänderungen oft lautes Knacken und Knistern; manchmal läßt sich dieser Uebelstand durch Anbringen besonderer schleifenförmig gebogener Kupferrohre (Kompensatoren-Ausgleichsrohre) oder Einsetzen besserer Verbindungsstücke beseitigen. Eine gewisse Gefahr ist bei den Warmwasserheizungen vorhanden, die bei ungünstiger Lage sowohl des Wasserkessels als der Heizkörper einfrieren können, was Rohrzersprengungen und Ueberschwemmungen verursacht. Um dies zu verhüten, müssen die Rohre zweckmäßig mit Kieselgur oder Isolierband mit Oelfarbenanstrich oder ähnlichem Material gegen Wärmeverlust geschützt werden.

5. In jedem geheizten Raum ist eine zweckmäßige natürliche oder künstliche Lüftung notwendig (s. Abschnitt „Lüftung“, S. 160), worauf die F. S. O. Beilage 11 für Krankenräume besonders aufmerksam macht.

B. Die verschiedenen Arten der Heizung.

Man unterscheidet:

I. Einzelheizung (lokal-örtliche Heizung) durch unmittelbar im Raum geheizte Oefen.

II. Sammelheizung (Zentralheizung), bei der die Erwärmung mehrerer oder sämtlicher Räume von einer Heizstelle aus durch einen Wärmeübermittler (erhitztes Wasser, Dampf, erhitzte Luft) erfolgt.

III. Fernheizungen, bei der ein größerer Bezirk von mehreren Gebäuden, manchmal über große Entfernungen hin, von einer Zentralstelle aus durch eine Hochdruckdampfleitung die Deckung seines Wärmebedarfs erhält.

Verwendung der einzelnen Heizungsarten in militärischen Gebäuden.

In dem militärischen Haushalt wird von diesen drei Heizungsarten Gebrauch gemacht, je nach der Art des Gebäudes und seiner Verwendung. In Kasernen, in denen wenigstens in den Mannschaftsstuben eine dauernde Heizung nicht erforderlich ist, herrscht die Einzelheizung vor, jedoch gibt es, wie bei der Beschreibung der militärischen Unterkünfte (Band III) gezeigt wird, auch Kasernen mit Zentralheizung. In allen militärischen Räumen, die eine Zentralheizung besitzen, sollen trotzdem Rauchrohre für eine etwa später notwendige Ofenheizung vorgesehen werden. Zentralheizungsanlagen werden aus hygienischen Rücksichten auf die Kranken wohl in allen Lazarettneubauten — Verwaltungs- und Wirtschaftsgebäude manchmal ausgeschlossen — angelegt, ebenso finden sie in den größeren militärischen Verwaltungs- und Unterrichtsgebäuden (Kriegsministerium, Generalstab, Kadettenanstalten usw.) in ihren verschiedenartigen Systemen Verwendung. Auch die Fernheizung hat in militärischen Gebäuden und zwar in dem Genesungsheim für Offiziere und Sanitätsoffiziere in Falkenstein im Taunus Eingang gefunden[1]). In Privatbauten legt man hier und da neben einer Zentralheizung eine Ofenheizung an, um beim Versagen ersterer die Räume mit dieser erwärmen zu können.

Ueber die Vor- und Nachteile der einzelnen Heizungsarten und ihre Wirtschaftlichkeit bringt der spätere Abschnitt S. 158 ausführliche Betrachtungen.

1) Beschreibung im Band III unter Genesungsheime, außerdem Ges.-Ing. 1900. Nr. 52.

1. Kapitel.

Einzelheizung.

Man kann die Einzelheizung einteilen in

a) 1. Kaminheizung
   2. Gas- und Petroleumheizung } mit meist offener Feuerung,
b) Ofenheizung mit meist geschlossener Feuerung,
c) elektrische Heizung.

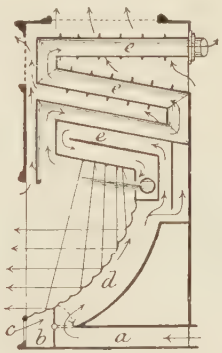
a) Kaminheizung.

Die Kamine findet man in Deutschland verhältnismäßig selten, da sie für eine dauernde Erwärmung eines Raumes wenig geeignet sind und von allen Heizsystemen den größten Wärmeverlust haben;

Abbildung 47.

Schnitt durch einen Kamin.

Abbildung 48.



Schnitt durch einen Gasofen.
a, c = Lufteintritt,
d, e = Luftzirkulation.

sie wirken namentlich durch Strahlung und geben für die nächste Umgebung eine milde, angenehme Temperatur. Man kann auch das abführende Rauchrohr mit einem Mantel umgeben, in welchen unten Zimmerluft ein und oben austritt, wodurch eine gleichmäßigere Erhitzung des Raumes erzielt wird. Jedes Geschoß soll nach einer Polizeiverordnung in Berlin bei vorhandener Kaminheizung ein besonderes Abzugsrohr

über Dach haben, damit bei ungünstigem Abzug durch widrige Winde die Verbrennungsgase nicht in ein anderes Geschoß gedrückt werden können, wodurch Rauchgasvergiftungen schon vorgekommen sind. Abb. 47 (nach Praußnitz) stellt einen Schnitt durch einen Kamin dar. Die Kamine werden mit Holz, aber auch mit Kohlen auf einem Rost geheizt.

Die für Wohnräume bestimmten Gasöfen stellen auch einen Kamin dar, der sich einerseits durch einfache Bedienung, Wegfall der Brennmaterialzufuhr, Vermeidung von Rauch, Ruß und Asche und schneller Heizkraft auszeichnet, andererseits aber alle Gefahren darbietet, die bei dem Leuchtgas (S. 95) betreffs Vergiftung und Explosion bereits besprochen sind. Außerdem nehmen die Heizflächen hohe Temperaturen an und lassen den auf ihnen ruhenden Staub verkohlen, während die Rohrwandungen und die Ofenteile wegen der bei jeder Leuchtflamme sich kondensierenden Wassermengen der Gefahr des Durchrostens ausgesetzt sind. Der Gasofen wirkt hauptsächlich auch nur durch strahlende Wärme (Abb. 48). Man findet Gasöfen manchmal in Offizierkasinos in Vorräumen, um periodisch Wärme zu erzeugen, auch in Kirchen, Hallen usw. Neuerdings werden auch Gasöfen in Verbindung mit Radiatorenheizkörpern (siehe S. 152) hergestellt.

Auf zuverlässigen Abzug der Verbrennungsgase ist bei Gasöfen besonderer Wert zu legen[1]).

Wie Gasöfen werden in ähnlicher Weise transportable Petroleumöfen verwandt, die im Prinzip eine große Petroleumlampe darstellen. Da ihre Verbrennungsprodukte in den Raum gehen, sind sie unhygienisch und sollten nur in Räumen mit sehr reichlicher Lüftung in Ermangelung besserer Heizungsarten Verwendung finden.

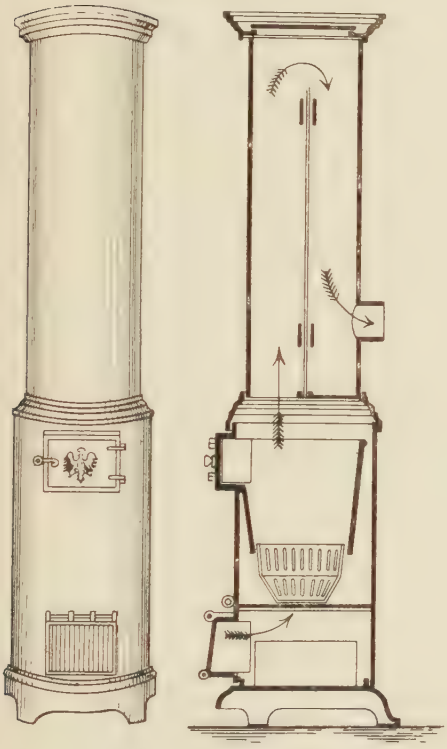
b) Oefen mit geschlossener Feuerung.

Je nach der Häufigkeit der Beschickung der Oefen mit Feuerungsmaterial unterscheidet man Oefen mit gewöhnlicher und Füllfeuerung (Dauerbrandöfen); beide Arten finden unter militärischen Verhältnissen Verwendung, sowohl als eiserne wie als Kachelöfen. Die eisernen Oefen, die meist in Mannschaftsstuben aufgestellt sind, erwärmen sich beim Heizen sehr schnell, geraten manchmal in Rotglut und strahlen dann für die nächste Umgebung eine unerträgliche Wärme aus; sie erkalten aber, wenn sie keinen Dauerbrand haben, nach dem Erlöschen des Feuers auch sehr schnell. Dagegen erwärmen sich die Kachelöfen, welche sich in den Wohnungen der verheirateten Militärpersonen, der Kasernenwohnung der Offiziere,

1) Wegen der Konstruktion der Gasbadeöfen siehe Band III.

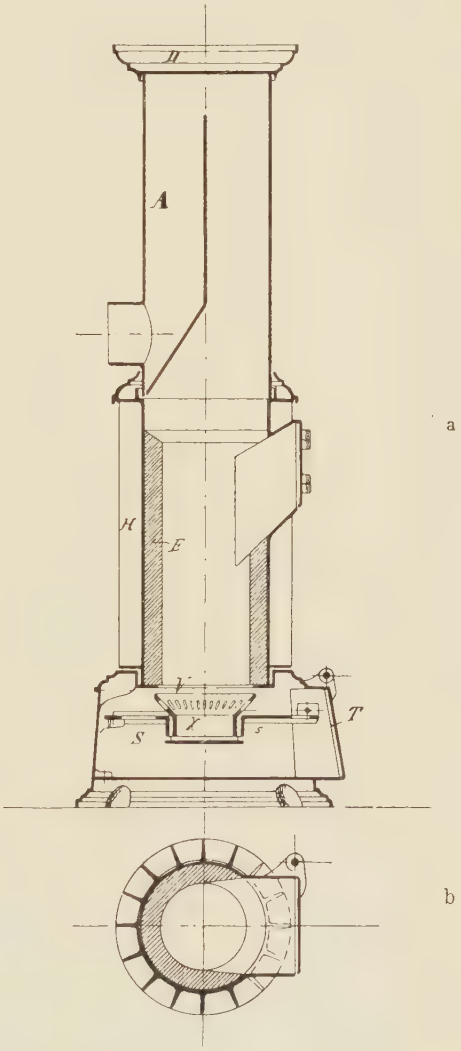
in Verwaltungsgebäuden, Revierkrankenstuben usw. finden, langsam, geben die Wärme nur allmählich an das Zimmer ab, halten aber, auch nach dem Erlöschen, das Zimmer noch längere Zeit warm, wenn nicht

Abbildung 49.



Reichskasernenofen nach Benver.

Abbildung 50.

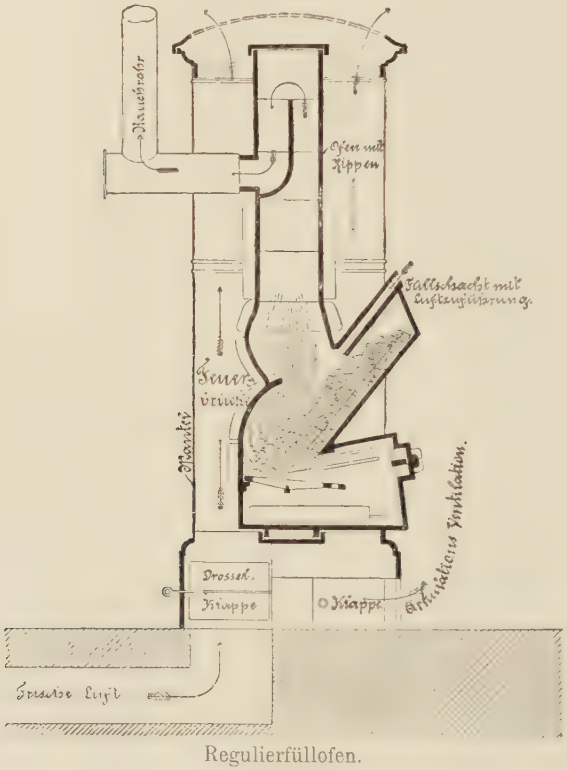


Verbesserter Brandenburger Kasernenofen.
a Längsschnitt des Ofens, b Querschnitt des Feuerraums.

eine stärkere Abkühlung durch längeres Fensteröffnen eintritt. Die einfachste Form des Ofens, die man noch in älteren Kasernen findet, ist der Kanonenofen oder Säulenofen, bei dem die Feuergase vom

Rost aufwärts einen einfachen eisernen Zylinder durchziehen und oben in das Rauchrohr treten. Die alten eisernen Oefen sind in letzter Zeit sehr vervollkommnet worden und finden auch in neueren Kasernen und auf Truppenübungsplätzen in Baracken Verwendung. Es gibt eine größere Anzahl derartiger Ofensysteme, von denen nach Hiller der Reichskasernenofen von A. Benver (Abb. 49) und der verbesserte Brandenburger Kasernenofen von Krause (Abb. 50) hauptsächlich in Betracht kommen und deshalb näher beschrieben werden sollen.

Abbildung 51.



Regulierfüllofen.

Der untere, die Feuerung aufnehmende Teil ist bei dem Reichskasernenofen doppelwandig, so daß ein Rotglühen der Ofenwand mit ihren lästigen Erscheinungen als ausgeschlossen gelten kann; der Oberteil ist durch eine Längswand in zwei Teile geteilt, so daß die Verbrennungsgase, wie aus der Abb. 49 ersichtlich, länger im Ofen verweilen, und ihre Wärme besser ausgenutzt wird.

Im Benverschen Reichskasernenofen umschließt ein eiserner Feuertopf den Feuerraum, in welchen durch eine Fülltür die Kohlen eingeschüttet werden. In dem „Korbrost" erfolgt infolge des reichlichen Zutritts der Luft zu der Feuerung eine befriedigende Ausnutzung des Heizmaterials und eine gute Wärmeentwicklung. Bei Steinkohlenfeuerung verschlacken aber die Rostöffnungen leicht, so daß die Vollständigkeit der Verbrennung nachläßt; in diesem Fall muß der Rost entfernt und gereinigt werden.

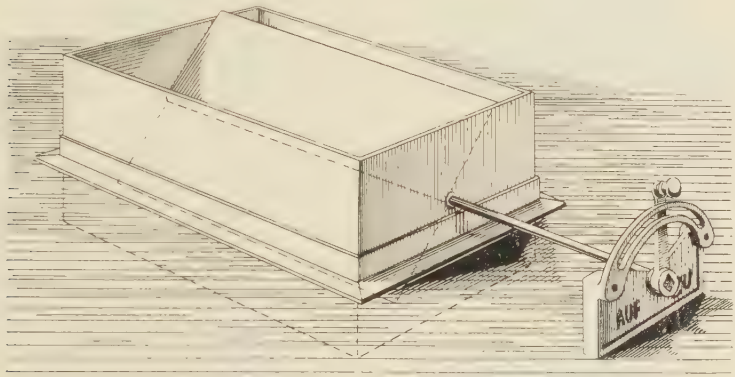
Bei dem „Verbesserten Brandenburger Kasernenofen“ ist der Heizzylinder H nach außen gerippt und innen mit auswechselbaren[1]), feuerfesten Chamottesteinen (E) belegt; letztere sind ein guter Wärmespeicher, und durch erstere Anordnung wird die Oberfläche des wärmeausstrahlenden Heizzylinders bedeutend vergrößert (Abb. 50).

V stellt einen breiten und flachen Korbrost dar, aus dem die Asche in den Zylinder X fällt. Die Luftzuführung und damit die Heizwirkung des Ofens läßt sich durch seitliches Verschieben der Aschfalltür T regulieren; als Heizmaterial können Steinkohlen, Koks, Braunkohlen oder Briketts verwendet werden.

Diese Oefen haben aber immer noch den Nachteil, daß sie sich leicht zu stark erhitzen, steter Aufmerksamkeit bedürfen und keine Vorrichtungen zur Luftzirkulation um den Heizzylinder besitzen.

Diese Nachteile werden durch den ummantelten Regulierfüllofen (Abb. 51 nach Gaertner) vermieden, den man namentlich in den Garnisonlazaretten besonders in größeren Krankenräumen findet. Der eiserne Ofen ist im Innern gerippt und mit Chamottesteinen versehen, wodurch in Verbindung mit dem ringförmigen Luftmantel zu hohe Tem-

Abbildung 52.



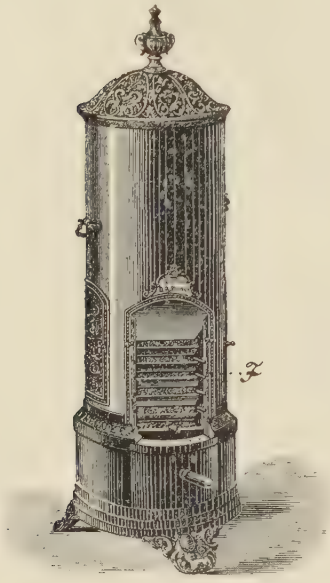
Reguliervorrichtung für den Lufteintritt in einen Füllofen (Abb. 51).

peraturen der äußeren Ofenwand vermieden werden. Ein wesentlicher Fortschritt ist noch darin zu erblicken, daß man in dem Füllschacht für einen halben bis zu einem ganzen Tag Brennmaterial unterbringen kann, sodaß an Bedienung gespart wird. Die Brennstücke rutschen in dem schrägen Schacht gegen den Rost und brennen also unten ab. Weiter erfüllt dieser Ofen die oben erwähnte hygienische Anforderung staubfreier Bedienung, da die Füllung, Regulierung und Reinigung auch vom Korridor aus geschehen kann.

Schließlich stellt der Regulierfüllofen den Typ der Verbindung von Heizung und Ventilation dar. Wie aus der Abbildung ersichtlich, kann durch Stellung einer Reguliervorrichtung (Abb. 52) sowohl kalte Frischluft

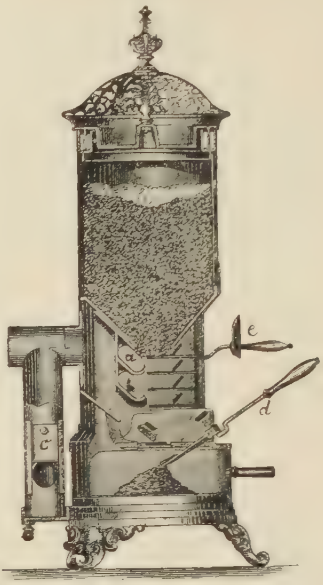
1) Das Auswechseln der Chamottesteine empfiehlt sich bei Beginn jeder Heizperiode zum Reinigen oder zum Ersatz.

Abbildung 53.



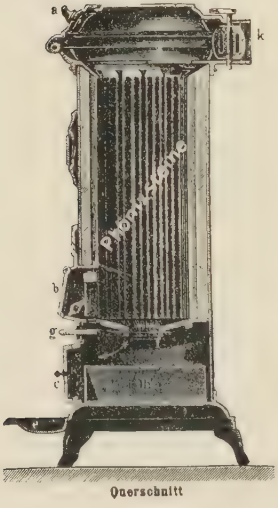
Cadéofen.
F = Feuerraum.

Abbildung 54.



Längsschnitt durch einen Cadéofen.
a = Chamottestein, c = Lüftungsschieber, d = Zacken zum Herausziehen des Rostes, e = Absteckschieber.

Abbildung 55.



eines Germaneofens.

Abbildung 56.

Winters Germaneofen.

von außen durch einen besonderen, glattwandigen Luftkanal als auch die kühlere Fußbodenluft des Raumes selbst in den etwa 15 cm breiten Ofenmantel eintreten, wo sie sich an der gerippten Ofenoberfläche nur auf etwa 70° erwärmt und nach oben steigt (Auftrieb). An der Decke und den Wänden kann die Luft teilweise durch Ventilationsklappen abgeführt werden, teils kühlt sie sich ab, fällt nieder und tritt von neuem in den Ofenmantel ein (Zirkulationsventilation). In dem Ofen können magere Steinkohlen, Anthrazit, Koks, Braunkohlen und Torf gebrannt werden.

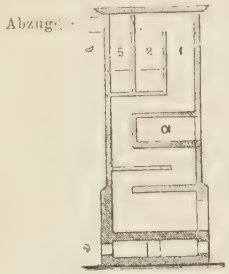
Eine besondere Art von Dauerbrandofen — ohne besondere Ventilationsvorrichtung, aber mit guter Heizwirkung — ist der Cadésche Ofen (Abb. 53 und 54). Bei diesem Füllofen wird der Rost durch einige Eisen- und Chamottestäbe [Abb. 54 (a)] gebildet, der Feuerraum bleibt vorn offen bzw. kann durch einen eisernen Siebvorhang abgeschlossen werden, der Abzug liegt unmittelbar an der Rückseite des Feuerraums. Zur Verbrennung eignet sich eigentlich nur Anthrazit in kleinen Stücken (Nuß Ia), sodaß der Brand sich ziemlich kostspielig stellt, und man diesen Ofen wohl kaum in einem militärischen Dienstraum antreffen wird[1]).

Die Regulierung des Verbrennungsprozesses erfolgt durch den Schieber c des senkrechten Ansatzrohres. Beim Oeffnen strömt Zimmerluft (Nebenluftzufuhr) in das Rohr ein und vermindert den Luftzug im Feuerraum und umgekehrt. Beim Entleeren der Asche zieht man den Rost mit dem Zacken d nach vorn, wobei er herunterklappt und die Asche herabfallen läßt. Beim Entfernen der Asche wird die Kohlenmasse im Füllschacht durch einen eingesteckten Schieber (e) zurückgehalten. Diese Ofenart wird auch als Einsatz für Kachelöfen verwendet oder als besonderer Ofen vor diese gesetzt, die dann neue Wärmespeicher sind bezw. als Durchtritt für die Verbrennungsgase dienen. (Preis der Größe für 180 cbm = 75 Mk.)

Ein anderer, einfacherer und weniger anspruchsvoller Dauerbrandofen ist Winters Germane-Ofen (Abb. 55 und 56), der sich im militärischen Haushalt hie und da vorfindet und z. B. in dem Barackenlazarett Bremerhaven anläßlich der Rückkehr der ostasiatischen Expedition[2]) gute Dienste getan hat.

Der Ofen besteht im Innern aus einem Eisenrohr mit rippenförmigen feuerbeständigen Phönixsteinen aus Chamotte, das in geringem Abstand von einem Mantel umgeben ist. Die Füllung geschieht von oben, nach Aufklappen des Deckels, oder von der Seite durch die obere Feuertür b; der Rost ist mittels des Griffes behufs Reinigung herausziehbar. Das Abzugsrohr K besitzt, wie beim Cadéofen, einen Schieber zur Nebenluftzufuhr, um die Feuerung zu regulieren.

Abbildung 57.



Kachelofen.
1, 2, 5 Züge für die Rauchgase, a = Anwärmeraum.

1) Wegen der Gefahr eines Kohlendunstaustritts aus dem Cadéofen siehe Seite 131.

2) Garnisonbeschreibung von Bremen-Bremerhaven.

Der Ofen ist preiswert (für 180 cbm Luftraum in einfacher Ausstattung etwa 35 M.) und kann mit Holz, Torf, Koks, Briketts, Braunkohle und magerer Steinkohle geheizt werden, wodurch er sich neben dem geringeren Preise vor dem Cadé-Ofen vorteilhaft auszeichnet.

Neben den geschilderten eisernen Oefen mit ihren Vor- und Nachteilen werden Oefen aus Tonkacheln (Kachelöfen) viel und gern besonders in den Familienwohnungen benutzt (Fig. 57).

Hygienisch bemerkenswert ist an ihnen ihre geringe Oberflächentemperatur, ihr großes Wärmeaufspeicherungsvermögen und ihre meist glatte Wandung, die sich leicht reinigen läßt. Dieser Vorzug wird durch Verzierungen manchmal abgeschwächt, ebenso ist das wagerechte Dach wegen der Staubablagerung nicht empfehlenswert. Der Kachelofen hat aber neben den früher erwähnten allgemeinen Nachteilen der lokalen Zimmerheizung den Mangel des langsamen Anheizens und ungenügender Regelungsfähigkeit der Wärmeabgabe; er eignet sich deshalb nicht für größere Räume, auch kann ein durch ausgiebige Lüftung durch frische Luft abgekühlter Raum so schnell nicht wieder erwärmt werden. Von einer Anpassung des Kachelofens an das Wärmebedürfnis eines Raumes kann hiernach nicht die Rede sein.

Bei der Heizung kommt es darauf an, die Kacheln so stark wie möglich anzuwärmen; nach fast niedergebrannter Feuerung wird deshalb die Feuerungstür möglichst luftdicht verschlossen, um jeden Luftzutritt und den mit Wärmeverlust verbundenen Abzug durch den Schornstein zu vermeiden.

c) Elektrische Heizung.

Geht der elektrische Strom, wie schon im Kapitel „Beleuchtung“ eingehender ausgeführt, durch Widerstände irgendwelcher Art, so setzt sich der elektrische Strom hierbei in Wärme um.

Die elektrischen Heizkörper (aus Glimmer oder Asbest) können eine Temperatur bis 200° annehmen.

Eine Kilowattstunde erzeugt 860 Wärmeeinheiten oder zur Erzielung von 1000 WE. sind 1,16 Kilowattstunden aufzuwenden.

Da man meist 40 Pf. — in Charlottenburg 45 Pf. — für die Kilowattstunde bezahlt, so kosten 1000 WE. etwa 47 Pf.; hieraus geht im Vergleich mit den Kosten der aus dem gewöhnlichen Heizmaterial gewonnenen Wärmeeinheiten (S. 126) hervor, daß die elektrische Heizung sehr teuer ist.

Die elektrische Heizung hat im allgemeinen deshalb wenig Eingang gefunden und ist im besonderen für militärische Verhältnisse —

selbst bei eigenem Elektrizitätswerk, wie es in mehreren militärischen Betrieben zu finden ist — ausgeschlossen.

2. Kapitel.

Sammelheizungen (Zentralheizungen).

Als Träger der in einem Gebäude an einer Feuerstelle für mehrere oder sämtliche Räume erzeugten Wärme wird Luft, Wasser oder Dampf verwendet.

Man unterscheidet hiernach

a) Luft-
b) Wasser- } Heizungen.
c) Dampf-

a) Luftheizung[1]).

Bei der Luftheizung wird Luft an Heizkörpern (Kaloriferen), die in besonderen Räumen aufgestellt sind, vorbeigeführt, wo sie sich auf höchstens 50° erwärmen soll, um dann in die Räume einzutreten.

Wird die zur Heizung dienende Luft durch besondere mit großer Oberfläche versehene Oefen erhitzt, so heißt die Anlage Feuerlufttheizung oder kurz Lufttheizung.

Streicht die zu erhitzende Luft an Heizkörpern vorbei, die von heißem Wasser oder Dampf durchströmt werden, so bezeichnet man sie auch als Wasserluft- bzw. Dampflufttheizung; es gibt noch einige andere Benennungen, je nach der Art der Wärmeerzeugung in den Kaloriferen[2]).

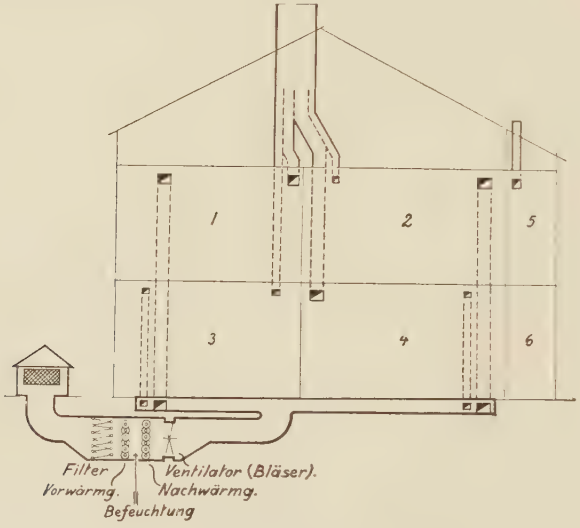
Was die Entnahme der Luft anbelangt, so kann sie aus den Räumen selbst durch besondere Saugkraft entnommen und nach der Erwärmung den Räumen durch die Zuführungskanäle wieder zurückgegeben werden (Heizung mit Luftumlauf oder Zirkulationsheizung) oder sie wird von außen als Frischluft aspiriert, erwärmt und in die Räume gedrückt, in welchen die Raumluft durch natürliche Ventilation (Fensterritze, Türspalte, Wandungen) oder besondere — künstliche — Ventilationseinrichtungen entweichen muß (Ventilationsheizung).

1) Die früher häufig in Kirchen, Treibhäusern usw. angewandte „Kanalheizung" steht zwischen Ofen- und Zentralheizung: sie ist eine Ofenheizung, deren Rauchkanäle aus Gußeisen oder Mauerwerk im Boden der zu beheizenden Räume gelagert sind. Kanalführung in Schlangenlinien, besser in parallelen Reihen oder strahlenförmig mit Sammelkanal der Abgase zum Schornstein (Recknagel). Im Kriege bei Belagerungen zur Heizung der Zelte oder Baracken empfohlen.

2) Auf die einzelnen verschiedenartig konstruierten Heizquellen (Oefen und Kessel) soll hier nicht eingegangen werden, weil sie mehr technisches als hygienisches Interesse haben.

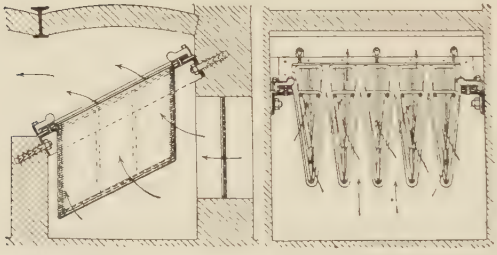
Hygienisch ist nur die letztere Art der Luftheizung, bei welcher allerdings ein großer Teil der aufgewandten Wärme nutzlos verloren geht, da bei der ersteren die „Abluft“ wieder als „Zuluft“ verwendet wird; sie kann hiernach für Aufenthaltsräume von Menschen nicht in Betracht kommen. Praktisch wichtig ist es, den Auftrieb der warmen Luft und die Abführung der allmählich abgekühlten Raum-

Abbildung 58.



Schema einer Luftheizungsanlage.

Abbildung 59.



Filtervorrichtungen für eine Luftheizungsanlage.

luft mechanisch durch Motoren (siehe Kapitel „Ventilation“) zu unterstützen (Abb. 58 nach Gramberg), da sonst bei besonders dem Wind ausgesetzten freistehenden Häusern der Windanfall den Austritt der Raumluft verhindern kann. Durch das Anbringen von Ventilatoren (Bläsern) und ihren Betrieb wird die Heizung noch verteuert; allerdings ist andererseits auch zu berücksichtigen, daß in den Räumen die Heizkörper weg-

fallen und die Anlage einer Luftheizung mit verhältnismäßig geringen Kosten verbunden ist. Die von außen zugeführte Luft muß von einer möglichst staubfreien, geschützten Stelle entnommen werden; trotzdem empfiehlt es sich, sie vor ihrem Eintritt in den Heizraum noch durch besonders angebrachte und leicht zu säubernde Filter zu reinigen (Abb. 59) und nach ihrer Erwärmung, um nicht durch ihre Trockenheit lästig zu wirken, anzufeuchten. Von manchen Seiten wird angeraten, auf die Filter ganz zu verzichten, da sie wie jedes Filter leicht unbrauchbar werden, die Luft nachträglich mit Staub verunreinigen und den Zutritt der Luft erschweren können.

Eine dringende hygienische Forderung ist schließlich, daß wie alle Kanäle für den Luftdurchtritt auch die Heizkörper im Heizraum sich leicht und gründlich vom Staub reinigen lassen, um die Luft nicht durch Beimengung der vom versengten Staub herrührenden brenzlichen „Röstprodukte“ minderwertig zu machen; aus dem gleichen Grunde sollen die Kaloriferen so konstruiert sein (Doppelmantel), daß ihre Oberfläche keine zu hohe Temperatur annimmt, und sie bei der Feuerluftheizung außerhalb des Heizraumes mit Kohlen beschickt und von Asche gereinigt werden können. Auf eine exakte Dichtung dieser Oefen ist besonders zu achten, da andernfalls die Gefahren der S. 130 beschriebenen „Kohlendunstvergiftung“ auftreten können. Die Temperatur der in die Räume eintretenden Luft soll sich vor ihrem Eintritt an leicht zugänglicher Stelle durch Thermometer kontrollieren lassen.

b) Die Wasserheizung.

Bei der Wasserheizung wird je nach der Temperatur, auf welche das Wasser im Heizkessel erhitzt wird, unterschieden:

1) Warmwasserheizung (Niederdruckwasserheizung) mit einer Temperatur im Kessel bis ca. 95°.

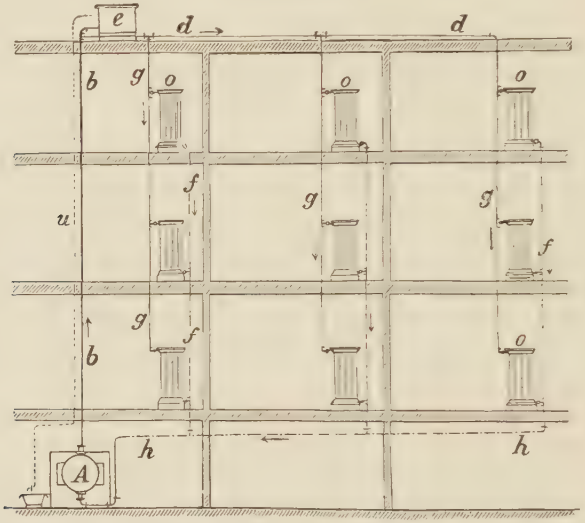
2) Mitteldruck-Wasserheizung mit einer Temperatur bis ca. 130° (ca. 3 Atmosphären).

3) Hochdruck- oder Heißwasserheizung mit einer Temperatur bis ca. 160° C (ca. 6 Atmosphären).

Sämtliche Systeme beruhen auf dem Prinzip, daß das Wasser in einem Heizkessel erhitzt, dann nach den in den Räumen aufgestellten Heizkörpern geleitet wird, dort Wärme abgibt und dann wieder in den Kessel zurückfließt; es entsteht also während des Betriebs ein stetiger Umlauf in der ganzen Anlage, der durch den Unterschied des Gewichts des verschieden temperierten Wassers im steigenden und im fallenden Teil hervorgebracht wird.

Wie aus Abb. 60 ersichtlich, steigt das im Kessel erhitzte Wasser unmittelbar durch das Hauptsteigerohr nach dem Dachboden, wo sich an dem höchsten Punkt das Ausdehnungs- oder Expansionsgefäß befindet, das sich am besten durch einen Holzmantel mit Sägespäneausfüllung gegen Einfrieren schützen läßt; dann zweigen sich die Verteilungsleitungen ab und führen durch die einzelnen Falleitungen das Wasser zu den Heizkörpern (Abb. 61 u. 62 nach Gramberg) (Verteilung von oben), das in den Heizkörpern sich abkühlende Heizwasser gelangt dann in die Rücklaufleitungen, die es in den Kessel zurückführen, wobei Temperaturdifferenzen von 20—30° C beobachtet werden. Bei

Abbildung 60.



Schema einer Warmwasserheizung (Verteilung von oben).
A = Kessel, b = Steigrohr, e = Expansionsgefäß, d = Verteilungsrohr, g = Zuleitungsrohr zu den Oefen, o = Oefen (stehende Rohre), f und h = Rücklaufrohre.

einer anderen Art erfolgt die Verteilung des warmen Wassers an der Kellerdecke, von wo Heizrohre das Wasser in die einzelnen Heizkörper führen (Verteilung von unten); die Entlüftung des Systems muß dann an der oberen Zuleitung zu den Heizkörpern durch eine besondere Luftleitung nach dem Ausdehnungsgefäß erfolgen. Das Wasser bleibt in der Anlage immer das gleiche; hier und da muß das verdunstete Wasser nachgefüllt werden.

Die Warmwasserheizung ist eine hygienisch einwandfreie Heizungsart, die neben der Regulierung an den Heizkörpern auch an dem Kessel eine Regulierung der Temperatur durch die später zu be-

sprechenden Feuerungsregler in gewissen Grenzen (30—90° im Heizkessel) möglich macht. Sie gibt eine milde Wärme und eignet sich besonders für kleinere Wohnhäuser besserer Art, Schulen, Büros, kleinere Krankenhäuser. Da die Heizkörpertemperatur eine verhältnismäßig geringe ist, müssen die Heizkörper größere Dimensionen haben, wodurch sich die Anlagekosten erhöhen, während der Betrieb billig ist.

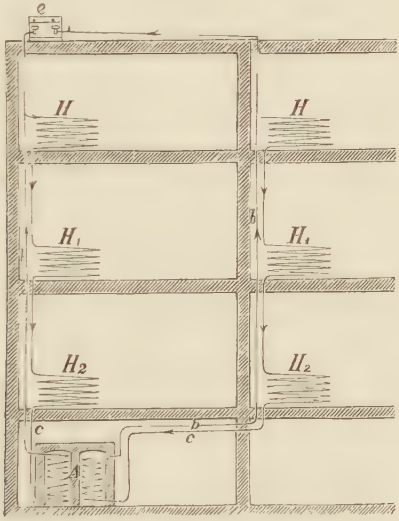
Abbildung 61.

Anordnung der Heizkörper (liegend) für eine Warmwasserheizung.

Abbildung 62.

Anordnung einer Heizkörperschlange (liegend) für eine Warmwasserheizung.

Abbildung 63.



Schema einer Heißwasserheizung.
A = Kessel, b = Steigerohr, H = Heizschlangen, c = Rücklaufrohr, e = Expansionsgefäß.

Bei der Mitteldruckwarmwasser- und Hochdruckheißwasserheizung, welche verhältnismäßig selten angelegt werden, müssen Heizkörper, Rohrleitungen und Kessel dem höheren Druck entsprechend kräftiger und das Expansionsgefäß geschlossen hergestellt werden (Abb. 63). Eine besondere Modifikation der Warmwasserheizung stellt die „Schnellumlaufheizung“ dar; sie kommt dann in Frage, wenn

aus baulichen Gründen oder wegen hohen Grundwasserstandes der Heizkessel höher als ein Teil der Heizkörper gelegt werden muß. Durch mechanische Umwälzung des Heizwassers mittels Pumpen oder Beimischung von Dampf oder Luft oder beider zusammen zu dem aufsteigenden Wasser wird dieses — spezifisch leichter gemacht — schneller gehoben, so daß die Zirkulationsgeschwindigkeit größer wird; die Dimensionen des Rohr- und Heizkörpersystems können deshalb kleiner werden, letztere unter Umständen ganz wegfallen.

Eine gewisse Gefahr besteht im Winter für eine Warmwasseranlage durch das Einfrieren von Rohrleitungen, die an kalten Wänden verlaufen; es ist besser, sie, wie S. 131 angegeben, gut zu isolieren, als Spiritus u. a. dem Wasser beizumischen, der allmählich durch die selten ganz dichten Heizkörper verdunstet und unwirksam wird.

c) Die Dampfheizung.

Bei der Dampfheizung gelangt der in einem Kessel unter Druck erzeugte Wasserdampf in die in den Räumen sich befindenden Heizkörper, wo er Wärme abgibt und sich kondensiert; das Kondenswasser fließt dann in den Kessel zurück. Man unterscheidet

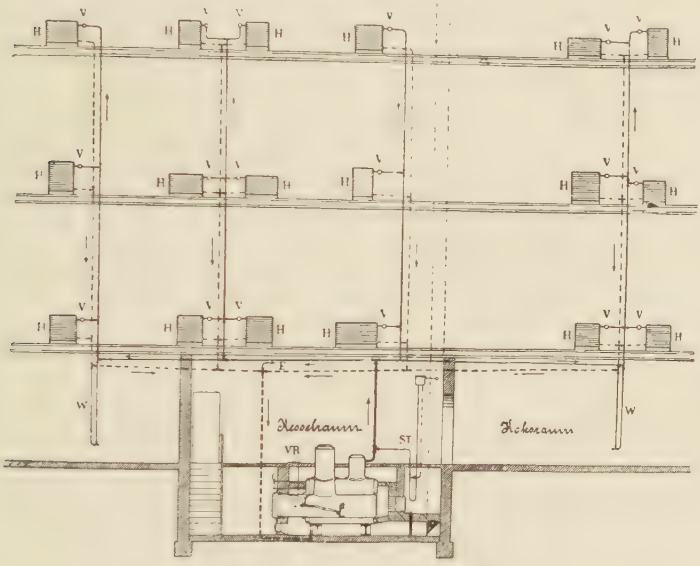
1. Niederdruckdampfheizung mit einem Kesseldruck von ca. 0,05 bis zu ca. 0,2 Atmosphären (= ca. 100 bis ca. 105° C) (nicht konzessionspflichtig).

2. Hochdruckdampfheizung mit einem Ueberdruck von mehreren (ca. 3 bis 6) Atmosphären (ca. 134 bis 160° C) (konzessionspflichtig).

Wie aus Abb. 64 zu ersehen, erfolgt die Verteilung der Dampfzuführung im Keller, Steigrohre führen dann den Dampf zu den Heizkörpern, von denen das Kondenswasser meist wieder in den Kessel zurückfließt, der durch das Standrohr St mit der Atmosphäre zur Vermeidung von Explosionen in Verbindung steht. Die Entlüftung der Anlage erfolgt aus der Kondenswasserleitung bei E; um Geräusche, die etwa durch den Dampf mitgerissenes oder bereits kondensiertes Wasser verursachen kann, zu beseitigen, befinden sich bei W Wasserschleifen, aus denen das Wasser gelegentlich abgelassen wird. Das Rohrnetz soll so angelegt sein, daß sich nur an diesen — tiefsten — Stellen Wasser ansammeln kann. Bei der Niederdruckdampfheizung ist die Wärmeabgabe der Heizkörper wesentlich höher als bei der Warmwasserheizung, weshalb die Unannehmlichkeit der Staubröstung häufiger empfunden wird; andererseits können die Heizkörper kleiner gewählt werden, was die Anlage verbilligt; außerdem können sie auch leichter konstruiert sein, da sie nicht den ständigen Druck des

Wassers wie bei der Warmwasserheizung auszuhalten haben. Wesentlich ist ferner das leichte Regulieren des Dampfes an den Heizkörpern. Um die Heizkörpertemperatur zu erniedrigen, hat man die Dampftemperatur durch Eintritt in die unter einem Vakuum stehende Heizanlage herabgesetzt (Unterdruck-Vakuumheizung) oder man

Abbildung 64.



Schema einer Niederdruckdampfheizung.
——— = Dampfleitung, ····· = Kondensleitung.
VR = Verbrennungsregulator, St = Standrohr, E = Entlüftungsrohr,
H = Heizkörper, R = Regulierventile, W = Wasserschleife.

läßt Luft sich mit dem Dampf mischen, wodurch seine Temperatur sinkt. Weiter ist ein Einfrieren von Rohren der Dampfheizung ziemlich ausgeschlossen, wenn einzelne Räume im Winter unbenutzt und deshalb ungeheizt bleiben sollen.

d) Etagenheizung.

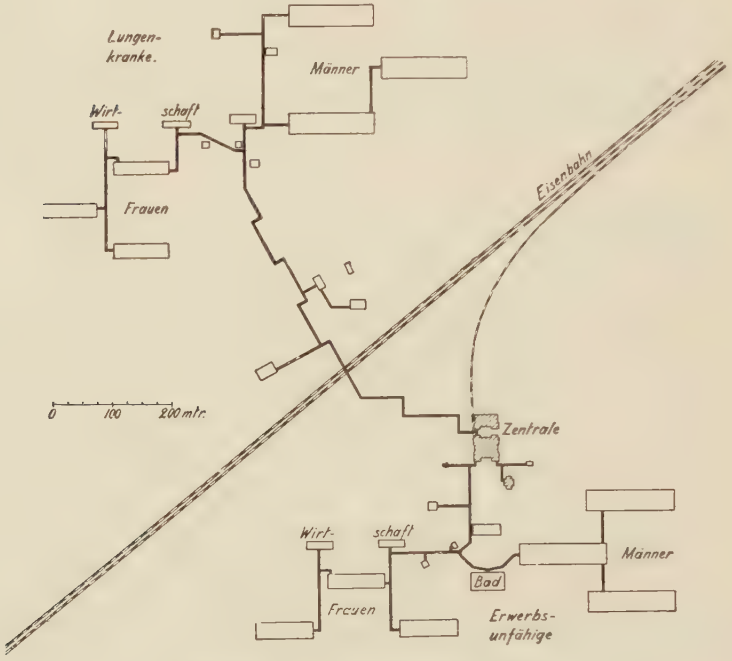
Die vorher besprochenen Sammelheizungen werden in letzter Zeit in größeren Städten auch zur Sonderheizung der einzelnen Etagen verwandt; für militärische Verhältnisse kann diese Heizungsart aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Frage kommen, während sie in Mietshäusern die Etagenbewohner wohl unabhängig von der vom Wirt bezw. dessen Stellvertreter besorgten Heizung macht, andererseits aber den hygienischen Nachteil hat, daß das Heizmaterial in die

einzelnen Etagen aus dem Keller transportiert werden muß, wodurch wieder die Staubbelästigung, wie bei der Einzelheizung, auftritt.

e) Fernheizung.

Handelt es sich um die Beheizung mehrerer Einzelgebäude, wie in größeren Krankenhäusern (Garnisonlazaretten mit Pavillonsystem), Pflegeanstalten (Genesungsheime), ja größerer oder kleinerer Stadtbezirke usw. von einer Zentrale aus, so spricht man von einer Fern-

Abbildung 65.



Lageplan des Fernheizwerkes Beelitz.

heizung (Distrikt-Blockheizung), bei der man bereits Entfernungen von 1000 m und mehr überwunden hat (Dresden) (Abb. 65 und 66[1]). Es handelt sich meist um Hochdruckdampf- oder auch um Warmwasserfernheizung, welche, wenn möglich, die Wärme des Kondenswassers großer Dampfmaschinen ausnutzen (Abdampfheizung); in ersterem Falle gibt hochgespannter Dampf, in letzterem eine zentrale Pumpe die Triebkraft, um den Wärmeträger (Dampf, Wasser) größere Entfernungen überwinden zu lassen. Vor dem Eintritt in die Gebäude muß der hochgespannte Dampf durch geeignete

1) Nach Gramberg (15) und Dietz (8).

Dampfreduzierventile auf die erforderliche Gebrauchsdampfspannung verringert werden.

Abbildung 66.

N.
Theater
Am Markt
Königin Carola Pl
Kgl. Finanzamt
Zollspeicher
Betriebs-geb
Elbe
Augustus Brücke
Carola Brücke
Belvedere
Lesemuseum
Neu Markt
Polizei Geb
Schloss
Alt Markt
Königs Str
Landhaus
Moritz Allee
Amalien Str
Allee
Post Pl
Schloss Pl
Standehaus
Kgl. Ausstellungs Geb
Kgl. Schauspiel Haus
Kgl. Opernhaus
Kgl. Palais
Kgl. Hofkirche
Kgl. Schloss
Kgl. Bibliothek
Kgl. Münzkabinett
Kgl. Porzellan Sammlung
Kgl. Gemälde Galerie
Kgl. Skulpturen Sammlung
Kgl. Antiken Sammlung
Kgl. Mathematisch-Physikalischer Salon
Kgl. Ethnographisches Museum
Kgl. Zoologisches Museum
Kgl. Mineralogisches Museum
Kgl. Geologisches Museum
Kgl. Botanischer Garten
Kgl. Gewächshäuser
Kgl. Reitbahn
Kgl. Stallungen
Kgl. Wagenremise
Kgl. Sattelkammer
Kgl. Futterspeicher
Kgl. Zollamt
Kgl. Steueramt
Kgl. Hauptzollamt
Kgl. Hauptsteueramt
Kgl. Oberzollamt
Kgl. Obersteueramt
Kgl. Landgericht
Kgl. Amtsgericht
Kgl. Staatsanwaltschaft
Kgl. Rechtsanwaltschaft
Kgl. Notariat
Kgl. Gefängnis
Kgl. Irrenanstalt
Kgl. Taubstummenanstalt
Kgl. Blindenanstalt
Kgl. Waisenhaus
Kgl. Armenhaus
Kgl. Krankenhaus
Kgl. Apotheke
Kgl. Hebammenschule
Kgl. Hebammenanstalt
Kgl. Hebammenwohnung
Kgl. Hebammenwohnung
Kgl. Hebammenwohnung

Die Rohre verlaufen entweder wie in dem Offiziersgenesungsheim Falkenstein[1]) in einem begehbaren Tunnel, welcher gleichzeitig auch andern Zwecken (Verkehr, elektrische Leitungen usw.) dienen kann, oder sie werden in einem kleineren, nicht begehbaren Rohrtunnel, wie Abb. 67 zeigt (Gramberg), verlegt.

Abgesehen von den hygienischen Vorzügen einer Zentralheizung überhaupt und den Erwägungen wirtschaftlicher Art (Personalersparnis), hat die Fernheizung noch den besonderen Vorteil, daß jede Feuersgefahr durch die Heizung in den Gebäuden vermieden wird; aus diesem Grunde empfiehlt sie sich auch für Museen oder Schlösser mit unersetzlichen Kunstschätzen, für Theater usw.

Dem steht aber der Nachteil entgegen, daß bei größeren Entfernungen der Wärmeverlust durch die langen Rohrleitungen trotz bester Isolierung doch nicht gering ist, und die langen Rohrleitungen die Anlagekosten nicht unwesentlich erhöhen.

Aus diesen Gründen beginnt die Fernheizung erst allmählich Eingang zu finden; die bisherigen Erfahrungen sind gut. Von militärischen Gebäuden würde sich die Fernheizung vielleicht noch für den größern Komplex der Kadettenhäuser usw. empfehlen.

3. Kapitel.

II. Hygienische Betrachtungen.

a) Die Heizkörper.

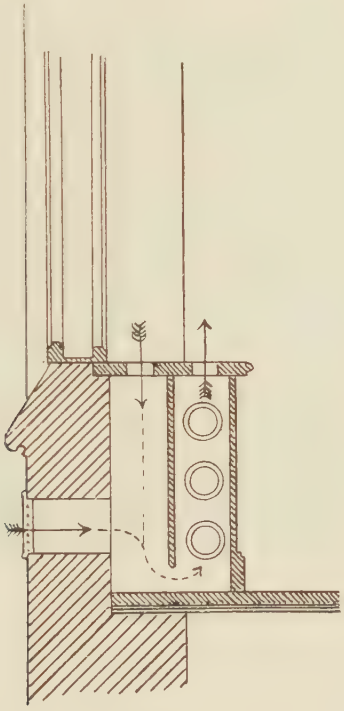
Die Oefen bei der Einzelheizung als Wärmequellen für die Räume sind bei der Sammelheizung durch die Heizkörper ersetzt. Dadurch, daß diese an jeder beliebigen Stelle angebracht werden können, gewinnt die Zentralheizung der Ofenheizung gegenüber einen besonderen hygienischen Vorzug, da es mit ihnen möglich ist, die Wärme an der Stelle des Raumes wirksam werden zu lassen, wo die stärkste Abkühlung vorhanden ist. Es empfiehlt sich aber nicht, wäre sogar unzweckmäßig, einen Ofen an eine Außenwand zu stellen, da der Auftrieb der Verbrennungsgase und damit der „Zug“ in einem kalten Schornstein stark gehemmt würde. Die Heizkörper findet man meist unter den Fenstern, manchmal mit Frischluftzuführung (Abb. 68 nach Weyl) oder an Außenwänden, wo die kühlere Luft sich erwärmt, hochsteigt und eine Luftzirkulation im Raum mit dem Erfolg einer gleich-

1) Im III. Bande unter „Militärische Genesungsheime“ ausführlich beschrieben; daselbst auch Abbildungen, siehe auch Ges.-Ing. 1909. Nr. 52.

mäßigen Wärmeverteilung hervorruft; ebenso in Wandelhallen, auf Korridoren und Treppen, so daß in dem ganzen Gebäude bei richtiger Größenabmessung und zweckmäßiger Regulierung der Heizkörper überall eine möglichst gleichmäßige Temperatur herrscht, was für die Personen in Krankenhäusern, Genesungsheimen usw. von gesundheitlicher Bedeutung ist.

Um die Staubablagerung möglichst zu verhüten, sollen die Heizkörper glatte Wandungen ohne hervortretende oder vertiefte Ver-

Abbildung 68.



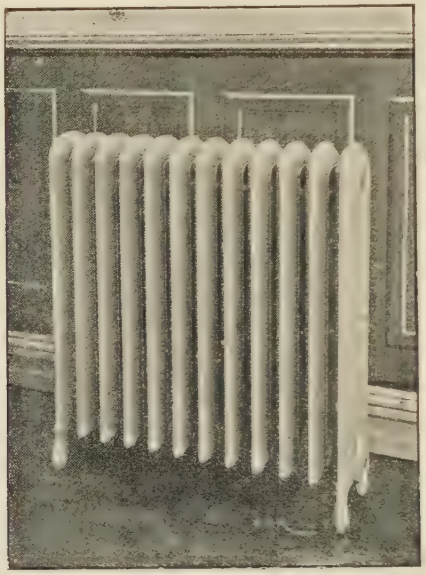
Anordnung eines Heizkörpers am Fenster mit Frischluftzuführung.

zierungen haben, auf Füßen oder Konsolen und soweit (6 cm) von der Wand entfernt stehen, daß sie gelegentlich gründlich gereinigt werden können. So praktisch es im Interesse der Raumersparnis erscheint, die Heizkörper in Wandnischen einzubauen, so wenig hygienisch ist diese Anordnung wegen der erschwerten Reinigung; bewegliche Heizkörper, die sich herausdrehen lassen, haben sich aber nicht bewährt. Als Anstrich der Heizkörper empfiehlt sich eine Emaillelackfarbe oder auch

Aluminiumbronze[1]), die selbst noch höhere Temperaturen aushält, als sie in Heizkörpern jemals eintreten.

Die Heizkörper sollen frei und nicht in Holzverkleidungen stehen, die zwar den Heizkörper verdecken, aber auch bis zu 25 pCt. Wärme absorbieren; jedenfalls sollten sie so gebaut sein, dass sie sich behufs Reinigung der Heizkörper leicht abheben lassen; steht allerdings ein Heizkörper vor einem Arbeitsplatz, so muß man die auf die Dauer lästig werdende strahlende Wärme durch eine mit Asbesttafeln be-

Abbildung 69.



Radiator-Heizkörper.

schlagene Schutzwand abhalten, aber dafür Sorge tragen, daß die erwärmte Luft nach oben — durch perforiertes, herausnehmbares Eisenblech — ausströmen kann.

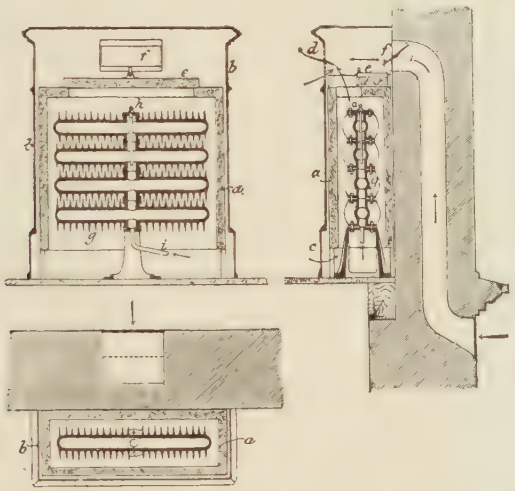
Die üblichen Heizkörperformen sind Radiatoren, Rohrschlangen und Rohrregister, Zylinderöfen, die sich aus Röhren zusammensetzen, und Rippenheizkörper.

Radiatoren (Abb. 69 nach Praußnitz) — meist aus Gußeisen — sind wegen ihrer glatten, senkrechten Flächen vom hygienischen Standpunkt aus besonders empfehlenswert. Rohrschlangen (Abb. 62), Rohr-

1) Alumin. metall. pulv. 500.0
Terpentin 300,0
Lack 150,0
Siccativ . . . . . 50,0.

register (Abb. 60 und 61) und Zylinderöfen kommen fast ausschließlich für die Wasserheizung in Betracht; sie lassen sich nicht ganz so leicht reinigen wie die Radiatoren, immerhin aber besser als die Rippenheizkörper. Die Rohrschlangen haben den Vorteil, daß man sie wagerecht über einen großen Teil der Wand hinziehen kann, während Radiatoren und Rippenkörper mehr an einer bestimmmten Stelle im Raum lokalisiert sind. Bei den letzteren ist die Heizfläche

Abbildung 70.



Umkleideter Rippenheizkörper = g (mit Frischluftzuführung),
a, b = Umkleidung, e, f = Lufteintrittsstelle, f = Frischluftklappe.

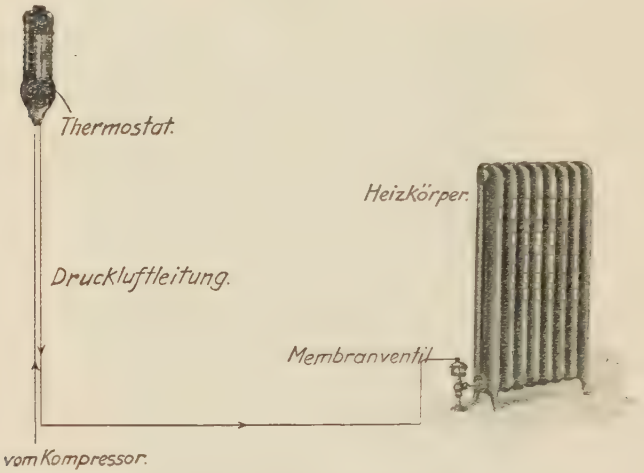
durch die vorspringenden Rippen bei verhältnismäßig geringem Gewicht nicht unwesentlich vergrößert, dem aber als Nachteil das unschöne Aussehen und die schwierige Reinigung der Rippenflächen gegenüberstehen (Abb. 70). Die Rippen sollen höchstens 5 cm hoch sein und nicht ineinandergreifen, da sie dann besonders schlecht zu reinigen sind und nach v. Esmarch eine geringere Wärmeabgabe zeigen. (Wegen Staubversengung auf Heizkörpern siehe S. 130.)

b) Automatische Temperatur- und Feuerungsregelung. Fernthermometer.

Es ist zwar vorher als ein Vorzug der Zentralheizungsanlagen angegeben worden, daß sie sich meist gut und leicht regulieren lassen; immerhin bedarf dies besonderer Aufmerksamkeit, welche von einer subjektiv allerdings sehr verschiedenen Temperaturempfindung der Raumbewohner abhängig ist.

Es lassen sich aber mit den Heizkörpern der Zentralheizungen selbsttätig wirkende Temperaturregler in Verbindung bringen, die, auf eine bestimmte Raumtemperatur eingestellt, diese Temperatur ziemlich konstant erhalten können. Es gibt eine größere Anzahl derartiger Temperaturregler, jedoch soll nur eine sehr verbreitete Art beschrieben werden, die in verschiedenen Räumlichkeiten und der hygienisch-bakteriologischen Abteilung der neuen Kaiser Wilhelms-Aka-

Abbildung 71.



Schema des automatischen Temperaturreglers nach Johnson.

demie, in Schulen usw. angebracht ist; eine andere ebenfalls sehr gebräuchliche Art von Fritz Käferle in Hannover ist fast in allen Wohnräumen des Offizierheims Falkenstein im Taunus vorhanden.

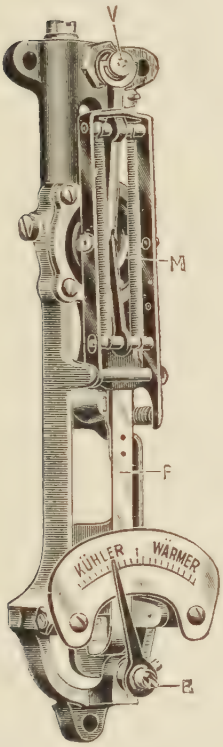
Der Temperaturregler der Gesellschaft für selbsttätige Temperaturregelung Berlin (System Johnson) besteht aus einem thermometerähnlichen Thermostat, der sich durch eine Regulierschraube R auf jede beliebige Raumtemperatur einstellen läßt, und einem Membranabsperrventil am Heizkörper, das mit jenem durch ein dünnes Eisenrohr in Verbindung steht. Dem Thermostaten wird entweder aus einer vorhandenen Druckluftzentrale oder aus einem kleinen an die Wasserleitung angeschlossenen Kompressor Druckluft zugeführt. In dem Thermostat befindet sich ferner eine Metallfeder F, die aus zwei verschiedenen Metallfedern zusammengelötet ist. Die verschiedene Ausdehnung der beiden Metalle bewirkt, daß sich die Feder bei Abkühlung zusammenzieht und bei Erwärmung streckt.

Durch diese Bewegung wird eine nadelfeine Ausblaseöffnung der Druckluft, je nach Abkühlung oder Erwärmung der Feder, geschlossen oder geöffnet, und dadurch die Membran M gehoben oder gesenkt. Durch Kniehebelübertragung wirkt die Bewegung der Membran auf ein Absperrventil V, welches entsprechend geschlossen oder geöffnet wird.

Hat die Temperatur im Raume den normal verlangten Grad erreicht, dann öffnet der Thermostat durch Ventil V die Druckluftleitung zum Heizkörperventil und schließt letzteres mittelst Druckluft.

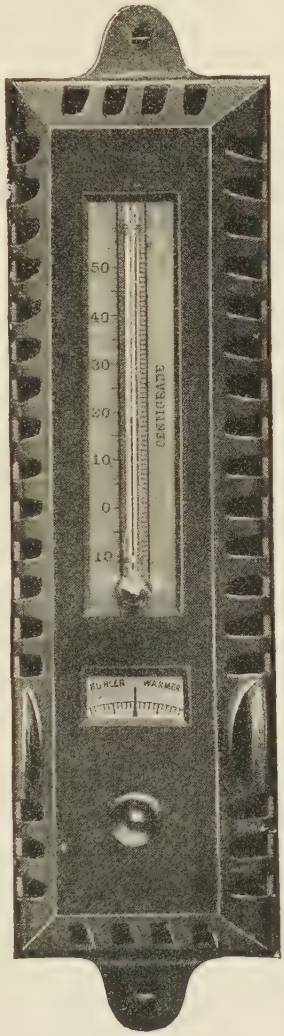
Sinkt die Temperatur um $^1/_4$ bis $^1/_2{}^0$ unter die normale, dann schließt der Thermostat durch Ventil V die Druckluftzuleitung ab, und das Heizkörperventil wird durch eine Feder wieder geöffnet, nachdem die Druckluft durch eine feine Oeffnung aus der Membran entwichen ist.

Abbildung 72.



Automatischer Temperaturregler nach Johnson.

Abbildung 73.



Automatischer Temperaturregler (Thermostat).

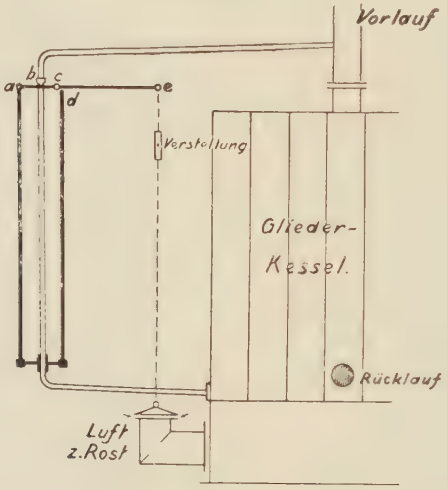
Die automatische Temperaturregelung wirkt nicht nur im hygienischen Sinn, sondern auch im ökonomischen, da kein Heizmaterial verschwendet wird.

Nach Untersuchungen von Rietschel arbeitet dieser Temperaturregler zuverlässig und hat selbst an ungünstigen Stellen — mit häufig

wechselnder Temperatur — nur geringe Schwankungen der Raumtemperatur bis zu etwa 1° C erkennen lassen (Abb. 71—73).

Die Hygiene hat aber ferner ein Interesse daran, daß die einzelnen Wärmeträger, Luft, Wasser, Dampf, nicht mit höheren Temperaturen

Abbildung 74.



Automatischer Regulator für die Kesselfeuerung (Schema).

Abbildung 75.

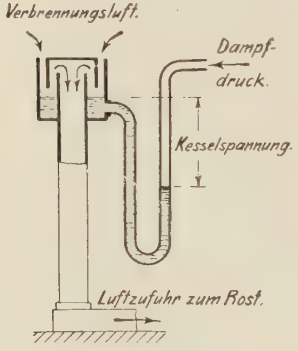
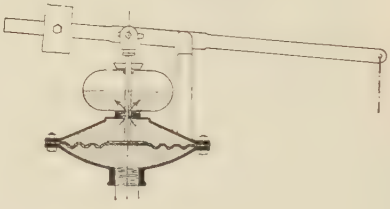


Abbildung 76.



Automatische Regulatoren für die Kesselfeuerung (Schema) nach Gramberg und Dietz.

in den Raum bzw. die Heizkörper eintreten, als je nach dem System aus den früher dargelegten Gründen notwendig ist.

Dies kann durch selbsttätige Regelung der Kesselfeuerung erreicht werden, welche das Heizpersonal entlastet.

Abb. 74 zeigt einen Zugregler für Warmwasserheizung, bei dem

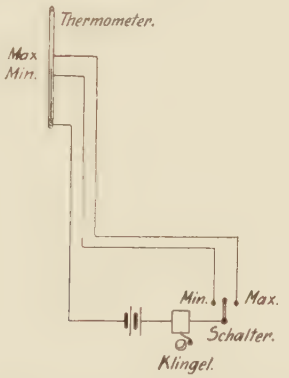
zu beiden Seiten eines von dem Heizwasser durchflossenen Rohres parallel zu ihm zwei Stangen angebracht sind.

Beide Stangen sind unten auf einer auf das Rohr aufgeklemmten Querstange befestigt. Steigt die Temperatur des Rohrwassers, so dehnt sich das Rohr aus, während die Länge der Stangen unverändert bleibt. Dadurch wird das rechte Ende der Stange a c, das Gelenk c, in die Höhe gehoben, da a c bei a fest und bei b mit dem Rohr gelenkig verbunden ist; das freie Ende e des Hebels c e bewegt sich nach unten. Dadurch senkt sich der Deckel und verringert oder hemmt den Luftzutritt zu der Feuerung.

Auf demselben Prinzip beruhen auch die in Abb. 75 und 76 abgebildeten beiden Zugregler.

Bei Zentralheizungsanlagen, die über ein größeres Gelände verteilt sind, ist es für das Heizpersonal im Kesselraum von außerordentlicher Bedeutung, den Heizeffekt in den verschiedenen Räum-

Abbildung 77.



Schema eines Fernthermometers.

lichkeiten zu überblicken oder auch bei dem Vorhandensein mehrerer Heizkessel deren Temperaturen von einer Stelle im Zentralbedienungsraum überblicken zu können und sich von der Wirkung der jeweils vorgenommenen Feuerungsregulierung überzeugen zu können.

Diesem Zwecke dienen die Fernthermometer.

Eine der einfachsten Fernübertragungen von Temperaturen stellt Dietz schematisch in Abb. 77 dar.

Das in dem zu beobachtenden Raume befindliche Quecksilberthermometer hat 3 ineinandergeschmolzene Platinkontakte, und zwar einen im Quecksilbergefäße sowie je einen für die Minimal- und Maximaltemperatur.

Der Hauptstromkreis enthält im zentralen Regulierungsraum für die Bedienung die Batterie, eine Klingel und einen Schalter. Die Minimum- und Maximumklemmen des letzteren sind durch je einen Draht mit den bezüglichen Kontakten des Fernthermometers verbunden. Hat nun der Faden des Thermometers den Minimum-

kontakt erreicht, so ertönt die Glocke des Schalters auf „Min.“, ist der Maximumkontakt erreicht, so ertönt sie bei der Schaltung auf „Max.“. Ist die Temperatur im Raume noch unter der minimalen, so folgt bei dem Einrücken kein Glockenzeichen. Statt der Klingel kann auch ein Klappentableau eingerichtet werden.

Außerdem gibt es noch ein Maximum- und Minimum-Signalthermometer nach Rietschel und ein Widerstandsfernthermometer; auch Fernmanometer werden hergestellt.

4. Kapitel.

Vorteile und Nachteile der Ofen- und Zentralheizung. Kosten.

Die Vorteile, Nachteile und Anwendungsmöglichkeit der lokalen Heizung im Vergleich zur zentralen läßt folgende tabellarische Zusammenstellung erkennen (nach v. Esmarch):

Heizung	Vorteile	Nachteile	Anwendung
Einzelheizung	Einfache Ausführung, leichte Aenderung bei sich zeigenden Mängeln, keine Frostschaden.	Verunreinigung der Wohnung d. Brennmaterialien u. Asche, schwieriger Transp. derselben. Feuersgefahr größer als bei Zentralheizung. Korridore und Nebenräume bleiben meist kalt. Schwieriger Betrieb.	Geeignet für Wohnungen mit wenig oder kleinen Zimmern od. wenn die einelnen Räume eines Hauses nur teilweise oder zu verschiedenen Zeiten verschieden gebraucht werden, z. B. kleine Schulen, Krankenhäuser.
Sammelheizung im allgemeinen	Einfache Bedienung u. meist bessere Ausnutzung der Brennmaterialien, gleichmäßige Erwärmung des ganzen Hauses (verminderte Erkältungsgefahr) reinlicher Betrieb.	Mit Ausnahme der Luftheizung sind die Anlagekosten meist etwas höher als bei Einzelheizung.	Geeignet für alle Fälle, mit Ausnahme der bei Einzelheizung besonders hervorgehobenen.

Betrachtet man die einzelnen, am meisten angewendeten Sammelheizungen nach ihren Vorteilen und Nachteilen, so läßt sich folgendes feststellen[1]):

1) Auszugsweise aus dem Deutschen Bauhandbuch.

	Luftheizung	Warmwasser-Heizung	Heißwasser-Heizung	Hochdruck-Dampfheizung	Niederdruck-Dampfheizung
Wärme- und Luftbeschaffenheit	gut bei rauchdichten, nicht überhitzten Oefen und reinen Kanälen	angenehme milde Wärme, keine Luftüberhitzung u. Versengen des Staubes	wegen hoher Temperatur der Heizflächen Wärmestrahlung, Luftverunreinigung durch versengten Staub		beinahe so gut wie Warmwasserheizung
Bedienung	leicht, doch erfordert Klappenstellung Sorgfalt	leicht	einfach doch ist Ueberhitzen zu vermeiden	wegen Dampfkessel Vorsicht nötig	leicht
Haltbarkeit	lange Dauer der Oefen bei guter Konstrukt., sonst. schadhaft werdende Teile nicht vorhanden	geringe Abnutzung, daher kaum Betriebsstörung, Undichtheiten leicht zu beseitigen	Röhren u. Kessel werden leicht undicht	Betriebsstörung durch Schadhaftwerden der Kessel, Undichtheit der Leitungen nicht selten	gut, Leitungen und Heizkörper bleiben jahrelang dicht
Besondere Vorzüge	starker Luftwechsel bei Heizung mit Frischluft. Wegfall von Heizkörpern in den Zimmern, gefahrloser Betrieb	gefahrloser Betrieb	enge Leitungen	leichte Verbindung mit Dampfluft- und Dampfwasserheizung für einzelne Räume m. Dampfkoch-, Wasch- u. Desinfektionseinrichtungen	gefahrloser Betrieb, keine Frostgefahr, wenn in einzelnen Teilen Wasseransammlung nicht erforderlich
Besondere Mängel	Abhängigkeit der Heizung von der Lüftung, wenn nicht Umlauf; übergroße Lüftung bei Räumen mit groß. Abkühlungsflächen	Gefahr des Einfrierens	Explosionsgefahr nicht ausgeschlosssen, auch Gefriergefahr vorhanden	Gefahr von Kesselexplosionen, staatliche Kontrolle der Kessel, Geräusch in Leitungen u. Heizkörper b. Anlassen	Stoßen und Knallen in Leitungen bei mangelhafter Anlage
Zweckmäßig	für Räume, die nur zeitweise benutzt werden, z. B. Kirchen und dort wo billige Anlage Hauptbedingung, zuweilen auch für Einzelhäuser	für Schulen. Wohnhäuser besserer Art, Gewächshäuser, Verwaltgs.-Geb., überhaupt da, wo ungestörter und billiger Betrieb sowie milde Wärme Hauptbedingung	für große täglich zu heizende Räume; in alten Gebäuden, für Flure, Treppenhäuser, Gefängnisse; wenn bill. Anlage erfordert wird	für ausgedehnte Anlagen in Verbindg. m. Dampf-, Wasser- u. Dampfluftheizung; auch überall da, wo Dampf schon vorhanden	für Wohngebäude aller Art, Schulen, Krankenhäuser, Verwaltungsgebäude, Gasthöfe
Nicht zu empfehlen	bei großen ausgedehnten Gebäuden; bei beschränkten Kellerräumen, die nicht erwärmt werden dürfen	für große, kaltgelegene, nur zeitweise benutzte Räume, ferner wenn rasches Anheizen oder billige Anlage erfordert werden	für große, kaltgelegene, zeitw. benutzte Räume, ferner wenn der Wärmegrad der Räume unabhängig von einander geregelt werden soll	für kleinere Gebäude, wenn nicht Dampf schon zu anderen Zwecken vorhanden	für große ausgedehnte Anlagen

Kosten der Einrichtungen von Zentralheizungen.

Dieselben sind je nach der Ausführung sehr verschieden.

Nach v. Esmarch kann man für 100 cbm zu heizenden Raum — ausschließlich Maurer-, Zimmerer- und Tischlerarbeiten — rechnen:

Luftheizung	75—175 M.
Warmwasserheizung	300—500 „
Heißwasserheizung	250—350 „
Niederdruckdampfheizung	200—400 „
Hochdruckdampfheizung (ohne die Kosten für den Kessel)	150—350 „

IV. Abschnitt.

Lüftung der Räume (Ventilation).[1]

1. Kapitel.

1. Notwendigkeit der Raumlüftung mit Berücksichtigung militärischer Verhältnisse.

Die Lüftung oder Ventilation von Gebäuden bezweckt, die Luft geschlossener Räume, die sich unter dem Einfluß der menschlichen Lebensführung, der Beleuchtung und Heizung verändert, durch reine Frischluft zu ersetzen.

Eine besondere Notwendigkeit zur Lüftung besteht namentlich in den Kasernenräumen, wo eine verhältnismäßig große Anzahl von Menschen zusammenlebt, die durch ihre besonders angestrengte körperliche Tätigkeit und die hierdurch bedingte Produktion in die Kleidungsstücke übergehenden Schweißes (flüchtige Fettsäuren), die Art ihrer Ernährung und die Aufbewahrung eigener Nahrungsmittel in den Mannschaftsstuben, das Tabakrauchen und die häufige Reinigung der Kleidungs- und der Ausrüstungsgegenstände mit Bürste und Putzmitteln von spezifischem Geruch, eine starke Quelle der Luftverunreinigung (Kasernengeruch) darstellen; hinzu kommt noch die Luftverunreinigung durch die meist vorhandene Petroleumbeleuchtung und die lokale Ofenheizung.

1) Zusammenfassende Literatur am Schluß dieses Abschnittes S. 186.

Nicht selten werden in der kalten Jahreszeit durchnäßte Kleidungsstücke oder gewaschene Drillichjacken in den Mannschafts- und Wachstuben getrocknet, so daß neben den üblen Gerüchen noch ein hoher Feuchtigkeitsgehalt der Luft mit seinen Nachwirkungen auf das körperliche Wohlbefinden eintritt (siehe Band I).

Ein weiterer Grund für die Notwendigkeit einer ausreichenden Ventilation besteht noch darin, daß in älteren Kasernen die Mannschaftsstuben sowohl den Wohn- als Schlaf- und Putz- gelegentlich auch noch den Eßraum darstellen.

Demgegenüber muß aber schon hier[1]) festgestellt werden, daß in den neueren Kasernen besondere Schlaf-, Wasch- und Putzräume, ferner Mannschafts- und Unteroffizierspeisesäle vorhanden sind, daß aber auch in den älteren Kasernen sich keine Anzeichen dafür ergeben haben, daß direkte gesundheitliche Schädigungen auf eine ungenügende Ventilation zurückzuführen wären.

Dies hat wohl hauptsächlich darin seinen Grund, daß die Mannschaften einen großen Teil des Tages im Freien sind, und von den vorhandenen Lüftungsmöglichkeiten soviel als möglich, meist unbewußt, Gebrauch gemacht wird, abgesehen von der gründlichen Stubenreinigung, die nach der „Stubenordnung“ streng durchgeführt wird und das Ansammeln von Schmutzstoffen in den Räumen möglichst verhütet. Was die persönliche Körperreinlichkeit anbelangt, so wird durch Fußbäder und Douchen, deren Häufigkeit vielleicht ebenso wie die des Wäschewechsels vermehrt werden könnte, besonders hierfür gesorgt.

Wesentlich unterstützt wird die Ventilation durch das häufige Türöffnen und die gründliche Lüftung der Räume, wenn sie von den Mannschaften verlassen sind.

Tagsüber wird, zumal bei dem jeden Soldaten in der Kaserne bestimmungsgemäß zur Verfügung stehenden Luftraum von etwa 16 cbm, die Lufterneuerung sich in angemessenen Grenzen halten; ob dies auch besonders in der kalten Jahreszeit und in den alten Kasernen während der Nacht der Fall ist, sei dahingestellt; hierüber liegen Untersuchungen, die vor oder bei dem Aufstehen der Mannschaften angestellt werden müßten, soweit bekannt, nicht vor, wären aber wohl von praktischer Bedeutung.

Umständlichere Ventilationseinrichtungen eignen sich für die Kasernenräume nicht[2]); sie bestehen hier zumeist aus einfachen Kipp-

1) Eingehende Schilderung der Kaserneneinrichtungen im III. Band unter „Militärische Unterkünfte“.

2) Mit Ausnahme der aus gewerbehygienischen Gründen in Militärwerkstätten (Korpsbekleidungsämtern) angebrachten Saugvorrichtungen.

fenstern als Luftaustrittsstelle und regulierbaren Spalten in der unteren Türfüllung für den Luftzutritt. In Lazaretten und anderen militärischen Gebäuden, Baracken, Zelten sind dagegen besondere Ventilationseinrichtungen, meist mit Frischluftzuführung und der Heizung verbunden, vorhanden.

2. Kapitel.

Die Veränderung der Luft der Wohnräume.

Die unter dem Einfluß des Windes fast überall gleichmäßig zusammengesetzte Luft im Freien (Außenluft) ist in chemischer und physikalischer Beziehung im Band I besprochen worden.

Bei dem Kapitel „Ventilation“ soll die Veränderung der Luft in geschlossenen Räumen (Innenluft), wie sie durch den Aufenthalt und die Tätigkeit der Menschen, die Beleuchtung und Heizung hervorgerufen wird, sowie ihre Beziehungen zu der Außenluft erörtert werden[1]).

Die Ausatmungsluft des Menschen zeigt infolge des in den Lungen vor sich gehenden Gasaustausches eine wesentlich andere Zusammensetzung wie die Einatmungsluft, selbst beim Aufenthalt im Freien.

In 100 Teilen ist im Durchschnitt enthalten:

bei	Sauerstoff	Stickstoff[2])	Wasserdampf	Kohlensäure
Einatmungsluft (Frischluft)	20,7	78,8	0,47	0,04
Ausatmungsluft	15,4	79,2	gesättigt	4,4

Temperatur bei der Ausatmung ca. 36°.

Ein Mensch atmet in 1 Minute 15—16 mal, und es werden bei jedem Atemzug 0,4—0,5 Liter Luft eingeatmet. Die stündliche Luftaufnahme ist daher 360—480 Liter, die tägliche 9—12 cbm.

Es werden hiernach bei 10 cbm täglicher Luftaufnahme

	eingeatmet	ausgeatmet
Sauerstoff . . .	ca. 2096 Liter	ca. 1603 Liter
Stickstoff . . .	„ 7900 „	„ 7900 „
Kohlensäure . .	„ 4 „	„ 440 „
	ca. 10000 Liter	ca. 9943 Liter

1) Der durch Zersetzungsvorgänge in schlechten Fußböden und Mauern, sowie der aus schlechtem Untergrund entstehenden Luftverschlechterung ist bei den entsprechenden Abschnitten gedacht worden.

2) Darunter Argon.

Aus diesen Zusammenstellungen erkennt man bei der Ausatmungsluft die Faktoren der Luftveränderung in geschlossenen Räumen: Zunahme des Kohlensäuregehaltes, des Wasserdampfes und der Temperatur, während der Sauerstoffgehalt abnimmt. Die Menge der ausgeatmeten Gase hängt von Arbeit oder Ruhe, kräftiger oder unzureichender Ernährung u. a. ab. So atmet nach Pettenkofer in einer Stunde CO_2-Mengen aus:

Ein kräftiger Arbeiter 28 Jahre alt, arbeitend, 36,3 Liter
„ „ „ 28 „ „ ruhend, 22,6 „
„ schwächlicher „ 26 „ „ ruhend, 16,8 „

Die Menge der vom Menschen ausgeatmeten Kohlensäure ist aber nur ein Bruchteil von derjenigen, die eine Petroleumlampe, Gas- oder Kerzenbeleuchtung erzeugt (siehe S. 118).

Früher nahm man an, daß die Kohlensäure selbt in erster Linie die wesentlichste Ursache für die Luftverderbnis mit ihren Folgen abgäbe; es gilt aber als festgestellt, daß erst ein Kohlensäuregehalt von 14 pCt., wie er aber in Wohnräumen unter gewöhnlichen Umständen niemals beobachtet wurde, den Tod eines Menschen herbeiführen kann, wobei der manchmal nebenher auftretende Sauerstoffmangel[1]) nicht unbeteiligt ist; ein Gehalt von 1 pCt. in geschlossenen Räumen kann aber längere Zeit ohne Schaden vertragen werden; so sind nach Dietz in Schulen mit ungünstigen Lüftungsverhältnissen 1,1 pCt. CO_2 gemessen worden, und nach Rubner findet man oft in manchen Schulen und Hörsälen 0,3—0,4 pCt., in Bierlokalen und in vollbesetzten Eisenbahnabteilen 0,2—0,3 pCt.

Sammelt sich aber in einem Raum ohne genügende Lufterneuerung Kohlensäure und mit ihr die anderen noch zu besprechenden Schädlichkeiten der Ausatmungsluft an, so übt sie mit zunehmender Konzentration einen nachteiligen Einfluß auf die Atmung aus, die sich verflacht. Aehnliches kann man auch an einer Flamme beobachten; sie erlischt bei einem Kohlensäuregehalt von ca. 3—8 pCt. Daher ist die Lichtprobe ein prophylaktisches Mittel, um die Gefahren zu erkennen, die mit dem Eintritt in einen Raum verbunden sind, dessen Luft viel Kohlensäure enthält.

Nach Pettenkofer ist die Luft, die 0,07 pCt. CO_2 enthält, schon „übelriechend“ und mit 0,1 pCt. „stark verunreinigt“, Grenzzahlen, an die man auch heute noch im allgemeinen — wenigstens für den dauernden Aufenthalt von Menschen in ihren Wohnräumen — als vielleicht etwas zu rigorose hygienische Forderung festhält. Für

1) Wie es in schlecht ventilierten, mit Gasbadeöfen versehenen Räumen schon häufiger beobachtet worden ist.

Massenlokale mit vorübergehender Benutzung müssen aber diese Grenzwerte erhöht werden; so gibt Rietschel für Schulen 0,15 pCt. an.

Die wissenschaftliche Beurteilung der Kohlensäuremenge in einer Raumluft dürfte heute in der Hauptsache die sein, daß die Kohlensäure mehr als ein Maßstab für den Grad der Luftverderbnis und den Grad der Leistungsfähigkeit einer Raumventilation aufzufassen ist, als daß man ihr in den gewöhnlich vorkommenden Konzentrationen die Hauptschuld an den nachteiligen Folgen einer schlechten Raumluft beimißt, für die noch andere Momente zu berücksichtigen sind.

Für diese Behauptung lassen sich 3 Gründe anführen:

1. Im geschlossenen Raum wächst die Kohlensäuremenge in etwa demselben Verhältnis, wie die Zahl der darin vorhandenen Menschen, aber ohne Berücksichtigung der auch Kohlensäure erzeugenden Beleuchtungsarten.

2. Man darf wahrscheinlich mit der wachsenden Kohlensäuremenge auch auf ein Ansteigen der anderen, die Luft verunreinigenden, vom Menschen ausgehenden Stoffe schließen.

3. Der quantitative Kohlensäurenachweis in der Luft ist zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Ventilationsanlage verhältnismäßig einfach und andere Gase, wie auch das von Kißkalt angewandte Ammoniak, erscheinen zu diesem Zweck weniger brauchbar oder sind bisher nicht praktisch erprobt. Rietschels Vorschlag, die Wärme als Maßstab für den Luftwechsel zu nehmen, kann nur bei stärkeren Temperaturdifferenzen Beachtung verdienen, dasselbe gilt für die Feuchtigkeit.

Außer durch die Kohlensäure wird die Luft bewohnter Räume noch durch übelriechende Gase und andere Stoffwechselprodukte durch die teilweise flüchtigen Sekrete der Hauttätigkeit (Schweiß), sowie infolge Ausscheidung von Wasserdampf durch die Menschen verunreinigt. Reinlichkeit am Körper, in der Wäsche und der Kleidung sind selbstverständliche Forderungen, um einer Raumluft üble Gerüche fernzuhalten.

Die früheren Anschauungen, daß in der Ausatmungsluft ein besonderer Giftstoff (Anthropotoxin nach Brown-Séquard und d'Arsonval) enthalten sei, ist aufgegeben, wenn auch diesbezügliche experimentelle Beobachtungen z. B. von Merkel und Peters vorliegen; so hat letzterer die Ausatmungsluft sich kondensieren lassen und an Mäusen durch Injektion Vergiftungen hervorrufen können.

Ob die schlechtriechende Luft an sich eine gesundheitsschädliche

Wirkung ausüben kann, scheint fraglich, doch wird nach Rubner die Respirationstiefe etwas geringer, der Mensch atmet oberflächlicher (Wolpert).

Einen wesentlichen Einfluß auf das körperliche und geistige Wohlbefinden hat aber die Wasserdampfansammlung und die Temperaturzunahme in einem bewohnten Raum, wobei sich wiederum der Mensch und die Beleuchtungsflammen, mit Ausnahme der elektrischen, beteiligen. Die stündliche Wasserdampfabgabe beträgt 30 bis 130 g, jedoch hängt sie ebenfalls, wie die CO_2-Abgabe, von verschiedenen Faktoren (Ernährung, Arbeit, Alter u. a.) ab.

Es kann gerechnet werden:

für einen Mann	100 g
„ eine Frau oder Jüngling	80 g
„ ein Kind	50 g

Im übrigen siehe die entsprechenden Abschnitte „Luftfeuchtigkeit“ [1]) und „Beleuchtung“ [2]).

Flügge u. a. haben besonders darauf aufmerksam gemacht, daß in engbewohnten Räumen der hohe Feuchtigkeitsgehalt der Luft in Verbindung mit der durch die Luftfeuchtigkeit im geschlossenen Raum verminderten Wärmeabgabe [„Wärmestauung“ [3])] des Menschen als eine hauptsächliche Ursache der Folgeerscheinungen einer verbrauchten Raumluft, wie Kopfschmerzen, Uebelkeit, Ohnmachten, Gähnen und bei längerer Einwirkung Blässe und Schlaffheit der Haut, Beeinträchtigung der natürlichen Widerstandskraft anzusehen ist.

Ferner dient besonders in Kasernen der Tabaksrauch zur Luftverschlechterung; er gibt neben geringen Mengen von Ruß gasförmige Verbrennungsprodukte (Schwefelwasserstoff, Kohlensäure, Kohlenoxyd u. a.) und teerige Produkte an die Luft ab.

In Räumen, in denen stark geraucht wird, läßt sich Nikotin an den Wänden nachweisen. Binz fand 2,0—2,7 pCt. im Pfeifenrauch, 5,7—7,6 pCt. im Zigarrenrauch. Im übrigen siehe Genußmittel, Band I.

Die Raumluft wird weiter durch den Staub verunreinigt, der mit dem Schuhzeug und den Kleidungsstücken in die Räume getragen und dort durch Abbürsten in vielen Fällen auf andere Gegenstände deponiert wird; auch beim Bettenmachen, Ausklopfen der Möbel und bei vielen anderen Verrichtungen wird Staub emporgewirbelt.

1) Band I.
2) Dieser Band S. 118.
3) Ein Erwachsener scheidet stündlich ca. 100 WE. unter gewöhnlichen Verhältnissen aus.

Unter Umständen können sich dem Staub auch Krankheitserreger (Diphtherie-, Tuberkelbazillen) beimengen, die mit dem Staub in die Atmungsorgane gelangen und Infektionen hervorrufen; aber auch ohne diese pathogenen Mikroorganismen kann ein höherer Staubgehalt, besonders wenn er auf zu stark erhitzten Oefen und Heizkörpern versengt und brenzliche Produkte (Ammoniak u. a.) liefert, die Atmungsschleimhäute reizen und Katarrhe entstehen lassen.

Zu erwähnen ist hier auch der Kohlen- und Aschenstaub, der sich bei den Einzelheizungen der Luft beimischt, und der Eintritt von Verbrennungsgasen bei undichten Heizkörpern der Luftheizung.

3. Kapitel.

Größe des erforderlichen Ventilationsbedarfs.

In den beiden vorhergehenden Kapiteln ist die Notwendigkeit einer Lüftung geschlossener und von Menschen bewohnter Räumlichkeiten dargetan worden. Es entsteht nun die Frage nach dem Ventilationsbedarf, d. h. die Frage, wieviel Luft soll aus dem Freien zugeführt werden, um die geschilderten Uebelstände einer verbrauchten Raumluft nach Möglichkeit zu beseitigen.

Hiernach müßte durch eine Luftzuführung möglichst erreicht werden, daß

1. der Kohlensäuregehalt im Raum auf den von Pettenkofer angegebenen Grenzwert von 0,07—0,1 pCt. verringert,
2. die relative Feuchtigkeit auf ca. 40—60 pCt. reduziert,
3. die Wärme auf eine Durchschnittstemperatur von ca. 19° C gemäßigt,
4. die schlechten Gerüche beseitigt werden.

Aus dem bekannten Kohlensäuregehalt der freien Luft (ca. 0,04 pCt.) und den von Pettenkofer angegebenen Grenzwerten (0,07 bis 0,1 pCt.) kann man den Ventilationsbedarf eines Raumes für einen ihn bewohnenden Menschen durch Rechnung finden, wobei aber die von etwaigen Beleuchtungskörpern ausgehende Kohlensäureabgabe unbeachtet bleibt. Die Frischluft enthält 0,04 pCt. CO_2 oder 0,4 ccm in 1 Liter; es kann jeder Liter Frischluft noch 0,3 ccm Kohlensäure aufnehmen, ehe sie den Grenzwert für gute Luft (0,07 pCt.) erreicht hat. Der Mensch atmet in einer Stunde nach Rubner 22,6 Liter = 753,3 mal 0,3 ccm CO_2 aus, also braucht man 75 cbm frische Luft, um die in dem Raum in 1 Stunde durch die Atmung angesammelte Kohlensäuremenge auf 0,07 pCt. zu verringern; in derselben Weise läßt sich die Rechnung bei einem Grenzwert von 0,1 pCt. ausführen, wobei der

Ventilationsbedarf bei der geringeren hygienischen Anforderung entsprechend kleiner ausfällt.

Folgende Tabelle zeigt den Ventilationsbedarf, berechnet aus den von Personen verschiedenen Alters und verschiedener Tätigkeit ausgeschiedenen Kohlensäuremengen unter Zugrundelegung der Grenzwerte 0,07 pCt., 0,1 pCt. und 0,15 pCt.

	stündl. ausgeatmete CO_2-Menge	Stündlicher Frischluftbedarf bei dem zulässigen CO_2-Gehalt der Raumluft		
	Liter	0,07 pCt.	0,1 pC.	0,15 pCt.
Kräftiger Arbeiter, arbeitend . .	30	100 cbm	50 cbm	27 cbm
„ „ ruhend . .	20	67 „	33 „	18 „
Schwächlicher Arbeiter, ruhend .	16	53 „	27 „	14 „
Mann	20	67 „	33 „	18 „
Jüngling	18	60 „	30 „	16 „
Aelterer Knabe	12	40 „	20 „	11 „
Jüngerer Knabe	9	30 „	15 „	8 „
1 cbm Leuchtgas in Rundbrenner	600	2333 „	1000 „	545 „
Desgl. in Schnittbrenner . . .	1400	6220 „	2333 „	1273 „

Durch eine ausreichende Luftzufuhr in geeigneter Form kann gleichzeitig die in einem Raum vorhandene übermäßige Wasserdampfansammlung von manchmal 100 pCt. relativer Feuchtigkeit auf den gesundheitsgemäßen Grad von etwa 40—60 pCt. reduziert werden; das gleiche ist mit Leichtigkeit besonders in der kühlen Jahreszeit mit einer zu hohen Raumtemperatur zu erreichen, während in der heißen Jahreszeit selbst eine extreme Lüftung nur geringe Herabsetzung der Temperatur herbeiführen kann. In diesem Falle sind besondere Maßnahmen zur Abkühlung der Räume notwendig (Wassersprengung, Zuführung von Luft, die in besonderen Kühlräumen durch Verdunsten vorher komprimierter Kohlensäure, Ammoniak oder schwefliger Säure gekühlt ist).

Die Beseitigung des üblen Geruchs kann durch die beste Ventilation nur bis zu einem gewissen Grade gewährleistet werden; wichtiger ist hier die möglichste Fernhaltung aller die Luft verschlechternden Anlässe. Die Beseitigung der Gerüche durch Ozon, Aldehyd u. a. verdient erwähnt zu werden, hat aber noch keine ausgedehntere praktische Einführung gefunden.

Der Luftzufuhr wird aber eine Grenze dadurch gezogen, daß das Einströmen der Frischluft bei den Insassen Gefühl von Zug nicht hervorrufen darf.

Theoretisch könnte der kleinste Raum für den Aufenthalt eines Menschen genügen, wenn er nur ausreichend ventiliert ist; nach Vorstehendem ist dies aber nicht möglich.

Hieraus ergibt sich, daß man bei der Bestimmung des Luftwechsels die Raumgröße berücksichtigen muß, da nach Rietschel bei einem stündlichen Luftwechsel, der das Fünffache des Rauminhalts übersteigt, lästige Zugerscheinungen auftreten; aus diesen Gründen rechnet man in der Praxis meist mit einem stündlichen Luftwechsel, der etwa das 3fache des Rauminhalts an Luft zuführt. Es sollte im allgemeinen eine stündliche Lufterneuerung stattfinden:

in Wohnräumen	1–3 mal
in Küchen und Aborten	3—5 „
in Korridoren, Vorräumen, Treppenhäusern je nach Benutzung	$^1/_2$—4 „

Die höchste Einströmungsgeschwindigkeit der Luft bei Einführung am Fußboden oder in der Nähe von Personen ist 0,3 m in der Sekunde, bei Einströmung über Kopfhöhe und besonders unterhalb der Decke sind höhere Geschwindigkeiten, aber höchstens 2 m in der Sekunde zulässig.

Luftkubus.

Diese geschilderte Begrenzung der stündlichen Lufterneuerung führt zu der Notwendigkeit, daß jedem Menschen ein Mindestluftraum zur Verfügung stehen muß, da die vom Menschen ausgehende Luftverschlechterung um so stärker und um so schneller eintreten muß, je kleiner der Raum ist.

Als Mindestluftraum nimmt man 10 cbm, als durchschnittlichen Luftraum 20 cbm an, bei dessen Ermittlung aber Ofen und Einrichtung in Abzug zu bringen sind.

Es wird ein Luftraum (Luftkubus) vorgesehen pro Kopf

	in Kasernen[1])	Lazaretten	Mannschaftswachstube	Arrestzellen
cbm	15—16	37	10,5	21—22,75

Nimmt man eine dreimalige Lufterneuerung in der Stunde an, so wäre der Ventilationsbedarf bei einem Durchschnittsluftraum für einen Erwachsenen von 20 cbm mit 60 cbm anzugeben; für Lazarette enthält die F.S.O.[2]) die Forderung, daß 80 cbm in 1 Stunde pro Bett mit einer Geschwindigkeit von 1 m in der Sekunde zugeführt werden.

Nach Rietschel ist für Räume, die keine oder nur eine über das gewöhnliche Maß nicht hinausgehende oder Gasglühlichtbeleuchtung besitzen, als stündlicher Ventilationsbedarf anzunehmen:

1) In Oesterreich 15,3, Frankreich 12—13, Belgien 10—12, England 16,9.
2) Beilage 11.

	Geringster Luftwechsel	Größter Luftwechsel
Krankenräume für Erwachsene	75 cbm	75 cbm
„ „ Kinder[1])	35 „	35 „
Schulräume für Kinder im Alter bis zu 10 Jahren	10 „	17 „
„ „ „ „ „ von über 10 Jahren	15 „	25 „
Aufenthaltsräume für Erwachsene:		
a) bei bestimmter Anzahl der Anwesenden . .	20 „	35 „
b) „ unbestimmter „ „ „ . .	1 faches des Rauminhalts	2 faches des Rauminhalts

4. Kapitel.

Die Mittel zur Lufterneuerung.

Während die Luft im Freien durch den Wind in steter Bewegung gehalten wird, ist seine Wirkung in dichtbebauten Städten, besonders in engen Straßen und Höfen eine sehr geringe, worauf Wolpert hingewiesen.

In geschlossenen, massiv gebauten Räumen mit gutem Fenster- und Türschluß und ohne besondere Lüftungseinrichtungen kann von einer gleichmäßigen Mischung der Luft keine Rede sein; die Kohlensäure z. B. wird, spezifisch schwer, sich hauptsächlich in der Nähe des Bodens ansammeln, während die erwärmte Luft hochsteigt.

Um einen Luftzu- und -austritt zu ermöglichen, müssen besondere Verbindungskanäle mit der Außenluft vorhanden sein, wenn nicht, wie es meistens der Fall ist, Fenster und Türen durch Spalten und Ritzen und auch hier und da die Wandungen Luft durchtreten lassen.

Unter diesen Vorbedingungen kann ein Luftaustausch zwischen innen und außen zustande kommen

durch Druckdifferenzen, welche

1. durch Temperaturunterschiede,
2. durch Luftbewegung

bewirkt werden.

Geht der Luftwechsel zwischen Außen- und Innenluft ohne besondere Triebkräfte, auf natürlichem Wege durch die beiden oben genannten Druckdifferenzen vor sich, so handelt es sich um die natürliche Ventilation (Selbstlüftung); werden die ventilierenden Kräfte, d. h. Temperaturunterschiede und Luftbewegung durch besondere Einrichtungen verstärkt oder hervorgerufen, so nennt man derartige Vorkehrungen künstliche Ventilation.

1) Kadetten, Unteroffiziervorschüler usw.

Die natürliche Lüftung.

Diese Art von Lüftung ist unter gewöhnlichen Verhältnissen von großer Bedeutung und hat trotz der Fortschritte auf dem Gebiete der künstlichen Ventilation noch in letzter Zeit — ihre zweckmäßige Ausnutzung vorausgesetzt — unter den Krankenhausdirektoren große Anhänger. Handelt es sich aber um größere Anlagen, besonders gewerblicher Art, oder Häuser, die in ihrem Untergrund, ihren Zwischenböden und Wandungen nicht hygienisch einwandfrei sind, oder in deren nächster Nähe sich Ansammlungen fäulnisfähiger Substanzen finden, dann muß man von der natürlichen Ventilation Abstand nehmen, die Wandungen möglichst luftdicht machen und mittels künstlicher Ventilation gute Außenluft durch besondere Vorrichtungen von einer anderen Stelle zuführen.

Der Austausch der Luft von außen und innen geht, wie schon erwähnt, außer durch Spalten und Ritzen in Fenstern und Türen in den meisten Fällen auch durch die Hauswandungen selbst vor sich, da die meisten Mauerwände, wie im Abschnitt „Allgemeine Bauhygiene“ erwähnt, porös sind; die Menge der durch die Wandungen gehenden Luft ist sehr verschieden groß, beträgt aber in der Stunde höchstens $^1/_4$ bis $^1/_2$ der Raumluft; bei leichten Bauten ist sie dagegen größer. Besondere Beachtung verdient die natürliche Ventilation in Baracken und Zelten, welche in der kalten Jahreszeit unter dem Einfluß der großen Temperaturdifferenz so stark sein kann, daß man Sorge tragen muß, im Innern die erforderliche Raumtemperatur zu erhalten.

Die Porosität hängt wesentlich von der Trockenheit des Mauerwerks ab, da Feuchtigkeit in den Mauern die Poren verschließt und außerdem die Ventilation durch Temperaturunterschiede infolge Verdunstungskälte herabsetzt. Die einzelnen Baumaterialien sind für Luft sehr verschieden permeabel, am stärksten Luftmörtel, Ziegel, während massives Gestein nur wenig, glasierte Klinker gar nichts an Luft durchlassen. Eine weitere Verminderung der Durchgängigkeit der Wände für Luft findet durch die Tapeten und den Anstrich der Wände statt und zwar

durch Tapeten	um	18—40	pCt.
„ Anstrich mit Kalkfarbe .	„	25	„
„ Leimfarbe	„	50	„

Anstrich mit Oelfarbe hebt die Permeabilität ganz auf.

Für militärische Bauten kommt hauptsächlich der Leim- und Kalkfarbenanstrich und die Tapetenbekleidung in Betracht (siehe S. 38).

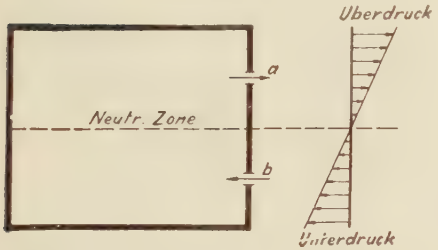
Die Ventilationskräfte bei der natürlichen Ventilation sind ebenfalls von wechselnder Stärke.

Erwärmt sich die Innenluft in einem Raum, so steigt sie hoch, übt auf Decke und den oberen Teil der Wandungen einen Druck aus und wird durch dort vorhandene Oeffnungen entweichen können, während umgekehrt die kältere Luft unten nachgesaugt wird.

Hat der Raum die Gestalt eines Würfels, so muß sich, wenn ebensoviel Luft ein- als austritt, in der Mitte eine neutrale Zone bilden, indem sich der negative und positive Druck ausgleicht (Abb. 78). Ist die Austrittsmöglichkeit für die Luft in der oberen Raumhälfte z. B. durch geringere Permeabilität der Decke mehr erschwert als die Möglichkeit für den Zutritt unten, so rückt die neutrale Zone nach oben und umgekehrt (Abb. 79).

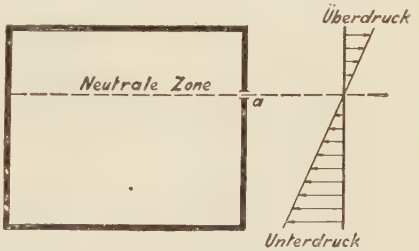
Die zweite Ventilationskraft ist die Luftbewegung. Bei der natürlichen Ventilation kann es sich nur um Windbewegungen handeln,

Abbildung 78.



Beheizter Raum bei gleichen Mengen eintretender und austretender Luft.

Abbildung 79.



Beheizter Raum. Ueberdruck im oberen Teil des Zimmers.

Nach Gramberg.

die an der Stelle des Windanfalls durch ihren Ueberdruck die Außenluft in den Raum hineindrücken, während an einer anderen Stelle die Innenluft entweicht.

Nach Rubner übt

ein	mäßiger	Wind	einen	Druck	von	7,8	kg	(oder	mm	Wasserdruck	auf	1 qm) aus
„	ziemlich starker	„	„	„	„	37,4	„	„	„	„	„	„ „
„	starker	„	„	„	„	76,0	„	„	„	„	„	„ „
„	Orkan	„	„	„	„	195,0	„	„	„	„	„	„ „

Die annähernde Windgeschwindigkeit erkennt man aus der Beaufortschen Skala, die im Band I im Abschnitt „Luft“ angegeben ist.

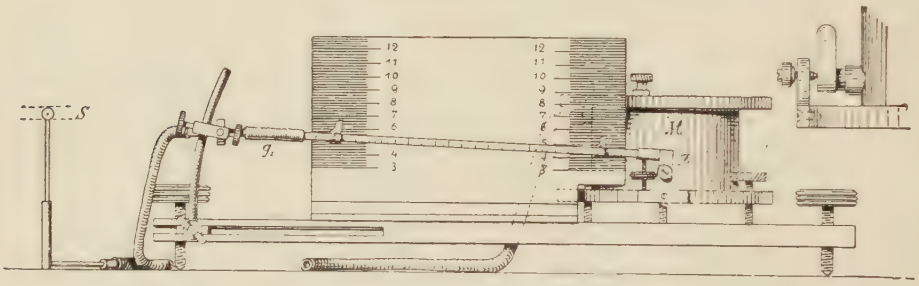
Diese Art der Ventilationskraft ist unter militärischen Verhältnissen vielfach die ausschlaggebende, da nicht nur auf Truppenübungsplätzen, sondern auch bei den Kasernen und Garnisonlazaretten die offene Bauordnung die übliche ist. Experimentelle Untersuchungen über die alleinige Wirkung des Windes auf die Raumventilation hat

Wolpert (45) angestellt, die zu dem Ergebnis führten, daß freistehende Häuser im Sommer ebenso gut durch den Wind ventilieren, wie eingebaute Häuser im Winter unter dem Einfluß der Heizung. Die Porosität der Wandungen ist natürlich hier auch von ausschlaggebender Bedeutung; unter Umständen kann in einem geschlossenen Raum die Windventilation so stark sein, daß Luftbewegungen mit einer Geschwindigkeit von mehr als 1,0 m in der Sekunde entstehen, die nach Rietschel als lästiger Zug empfunden werden.

Will man die bei der natürlichen Ventilation tätigen, manchmal geringen Druckkräfte messen, so bedient man sich des Recknagelschen Differentialmanometers (Abb. 80).

Der Apparat beruht auf dem Prinzip, die durch den Druck gehobene Flüssigkeitssäule dadurch sichtbar zu machen, daß man sie nicht senkrecht, sondern schräg aufsteigen läßt, und ferner den einen — zentralen — Schenkel so weit und den

Abbildung 80.



Recknagels Differentialmanometer.
M = Metallhohlzylinder, g_1 und g_2 = periphere Manometerschenkel.

anderen — peripheren — so eng wählt, daß selbst bei stärkeren Ausschlägen im peripheren Schenkel das Niveau des zentralen sich nicht merklich ändert.

Die Abbildung 80 läßt erkennen, wie stark der Ausschlag am peripheren Schenkel bei Schrägstellung ist und daß die Feinheit der Ablesung beliebig gesteigert werden kann; es entspricht bei 3 resp. 5 pCt. Neigung 1 mm Druckdifferenz ein Ausschlag von $33^1/_3$ resp. 20 mm.

Der metallene Hohlzylinder von 10 cm Durchmesser wird mit Petroleum oder 96 proz. Alkohol gefüllt. Der durch eine Dosenlibelle völlig horizontal gestellte Apparat wird vor jedem Gebrauch geeicht, d. h. es wird durch Eingießen einer gewogenen Menge Petroleum festgestellt, welchen Druck das Fortschreiten der Petroleumkuppe in dem peripheren Schenkel um 1 mm entspricht.

Zur Eichung des Apparats füllt man ihn soweit mit Petroleum, daß es eben im peripheren Schenkel erscheint, gießt dann die genau abgewogene Petroleummenge zu und liest den Stand im peripheren Schenkel ab.

Sind p Gramm zugegossen vom Volumen v, ist g der Dosenquerschnitt in Quadratzentimetern, n der Ausschlag in Zentimetern am peripheren Manometerrohr, d das spezifische Gewicht des Petroleums, so entspricht dem abgelesenen Ausschlag von n Zentimeter ein Zuwachs der Petroleumsäule in der Dose von $h = \frac{v}{g} = \frac{p}{d\,g}$ cm.

Um den Petroleumdruck in Wasserdruck zu verwandeln, muß man berechnen, welche Wassersäule (h^1) einer Petroleumsäule von Höhe h entspricht.

Die Höhen sind umgekehrt proportional dem spezifischen Gewicht, also

$$\frac{h^1}{h} = \frac{d}{1}$$

$$h^1 = h \cdot d$$

$$h^1 = \frac{h \cdot p}{h \quad g} = \frac{p}{g}$$

n Zentimeter Ausschlag an dem peripheren Rohr entspricht einem Wasserdruck von $\frac{p}{g}$ cm oder 1 mm Ausschlag $= \frac{p \cdot}{g \cdot n}$ mm Wasserdruck.

Der Apparat wird angewendet, um die Saugwirkung von Ventilationskanälen, den Winddruck in Mauern, das Einströmen von Grundluft in den Keller zu messen, und gibt nach übereinstimmendem Urteil gute Resultate.

Bei seiner Verwendung wird es durch den kurzen Metallarm mittels eines derben Schlauchs mit einem eisernen, an der Spitze mit seitlichen Löchern versehenen Rohr verbunden, das z. B. in die Mauer oder den Boden eingetrieben wird; bei Ventilationskanälen wird ein Glasrohr luftdicht in den Kanal eingesetzt und ihr anderes Ende mit dem Manometer verbunden.

Lüftungseinrichtungen zur Unterstützung der natürlichen Ventilatoren.

Wie in Vorstehendem ausgeführt, hängt die natürliche Ventilation von der Durchlässigkeit der Wände, den Temperaturverhältnissen und dem wechselnden Winddruck ab, sie ist also sehr unbestimmt, nicht ausreichend regulierfähig und genügt nur für größere Räume, in denen verhältnismäßig wenig Menschen verkehren. Man kann nun die natürliche Ventilation wesentlich unterstützen:

1. durch Oeffnen der Fenster und Türen;
2. durch Anbringen von verstellbaren Oeffnungen in diesen;
3. durch besondere Luftkanäle.

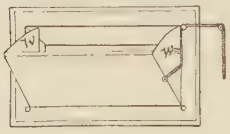
Von dem Oeffnen der Fenster und Türen wird unter gewöhnlichen Verhältnissen auch im militärischen Leben weitgehender Gebrauch gemacht, da hierdurch — Temperaturdifferenzen oder Winddruck vorausgesetzt — ein kräftiger, manchmal lästiger Zug entsteht, der mit großer Schnelligkeit frische Luft zu- und die Raumluft abführt; im anderen Fall kann aber die Wirkung auch sehr gering sein. Häufig werden die oberen Fensterscheiben als Kippflügel (Abb. 81 nach Gaertner) oder Drehflügel, wie man sie in militärischen Gebäuden, besonders in Garnisonlazaretten (Geisteskrankenstuben) antrifft, ausgebildet, oder man setzt an ihrer Stelle Jalousieklappen ein, die senkrecht oder

wagerecht gestellt und mittels Hebel, Griff, Stange, Schnur oder Kette bewegt werden können — je einfacher, desto sicherer, besonders mit Berücksichtigung militärischer Verhältnisse (Abb. 82).

Dieses einfache Prinzip ist auch in den meisten Baracken und Zelten durchgeführt.

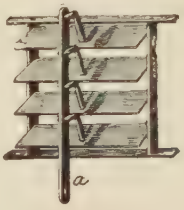
Für eine dauernde Entweichung der Raumluft, deren Abfluß man verstärken oder verringern kann, sorgt eine Ventilationseinrich-

Abbildung 81.



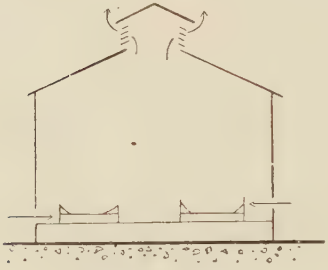
Kippfenster.

Abbildung 82.



Jalousieklappen.
a = Stange zum Oeffnen und Schließen.

Abbildung 83.



Firstventilation.

tung, bei der die Jalousieklappen im oberen Teil ständig geöffnet bleiben. Zum Eintritt der Außenluft findet man in militärischen Gebäuden in den unteren Türfüllungen verschließbare Spalten (Schieberschlitze). Kommt die zuströmende Luft aus guter Quelle, so ist gewiß nichts dagegen zu sagen, stammt sie aber aus einem nicht gut ventilierten und nicht sauber gehaltenen, staubigen Korridor, in dessen Nähe sich vielleicht Aborte befinden, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß bei kräftiger Ventilation die schlechte Luft angesaugt wird.

Als Unterstützung der natürlichen Ventilation ist auch die früher bei Krankenpavillons mehr als heute zur Anwendung gekommene Firstventilation zu rechnen (Abb. 83 nach Praußnitz); abge-

sehen davon, daß sie wegen der großen Oeffnungen nur für den Sommer brauchbar und auch dann ganz von dem Winddruck abhängig ist, lassen sich die Klappen nicht genügend schließen, sodaß — besonders im Winter — Kälte und Staub eindringen kann.

In vielen Fällen, wo man auf einen größeren Luftwechsel nicht Wert zu legen braucht, ordnet man zur Unterstützung der natürlichen Ventilation besondere Abluftkanäle an, die man über Dach führt und die infolge des Auftriebes der wärmeren Raumluft saugend wirken.

Solche Kanäle findet man immer bei Küchen und Aborten, überhaupt überall da, wo in Nebenräumen üble Gerüche auftreten können.

Es ist einleuchtend, daß der Auftrieb allein nicht immer für eine genügende Lüftung ausreichend sein wird, weshalb man die Saugkraft noch durch eine Lockflamme, besondere Saugköpfe oder am zuverlässigsten, aber auch teuersten durch einen elektrisch betriebenen Ventilator in ihrer Wirkung erhöht. Eingehenderes hierüber in dem Kapitel „Luftkanäle“, S. 181.

Die künstliche Ventilation.

Soll in einem Raum ein bestimmter Luftwechsel ohne Rücksicht auf die bei der natürlichen Ventilation wirksamen Triebkräfte — Temperaturdifferenz und Winddruck — erzeugt werden, so kann dies nur durch künstliche (absichtliche) Ventilation geschehen. Als bewegende Kraft wird in der Mehrzahl der Fälle ein Motor oder auch eine künstlich erzeugte Temperaturdifferenz benutzt, während besondere Wege (Kanäle) für die Zu- und Ableitung der Luft vorgesehen werden.

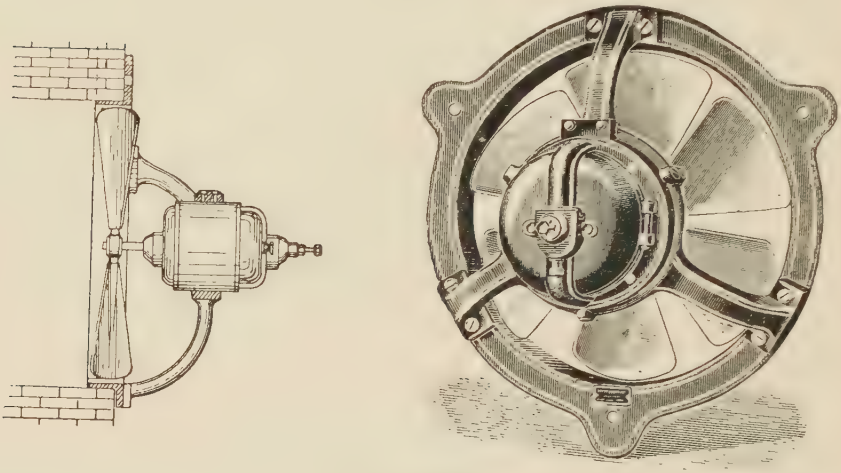
Man unterscheidet hiernach 2 Systeme der künstlichen Lüftung:

1. die Druck- oder Pulsionslüftung,
2. die Saug- oder Aspirationslüftung.

Bei der Drucklüftung wird die Luft mittels elektrisch getriebener Ventilatoren, von denen sowohl Flügelventilatoren z. B. nach Blackmann (Abb. 84) als auch Zentrifugalventilatoren (Abb. 85 nach Gramberg) in Gebrauch sind, in den Raum hineingepreßt, nachdem sie, wenn erforderlich, nach den bei der Luftheizung (S. 142) besprochenen Grundsätzen vorher gereinigt, befeuchtet, eventuell erwärmt ist, und der Abluft ihren Weg durch Kanäle meist über Dach ins Freie gewiesen, oder man sieht bei kleineren Anlagen von künstlichen Abluftöffnungen ab, und der in den Räumen erzeugte Ueberdruck bewirkt die Entlüftung auf dem Wege der natürlichen Ventilation durch die Poren der Mauern, Ritzen und Spalten der Fenster und Türen.

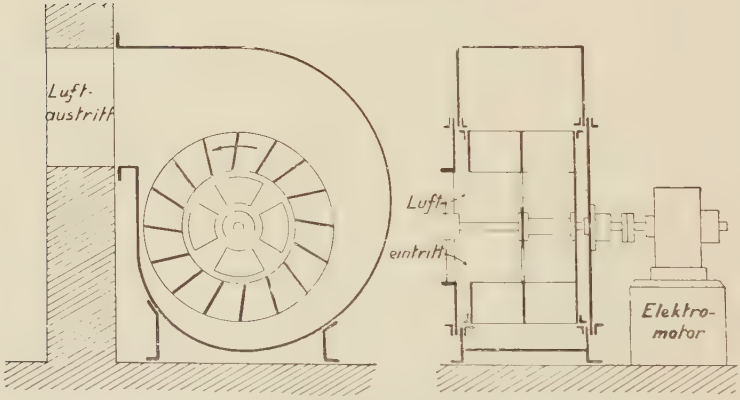
Geht der Abluftkanal in den Keller, so muß für eine besonders starke Saugkraft gesorgt werden, wodurch der Betrieb sich nicht gerade wirtschaftlich stellen dürfte.

Abbildung 84.



Flügelventilator.

Abbildung 85.



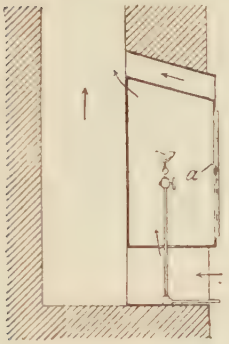
Zentrifugalventilator.

Der elektrische Motorbetrieb erscheint zuverlässiger, als die Erzeugung eines Temperaturdifferenzdrucks durch künstliche Erwärmung der Zu- oder Abluft durch Aspirationsheizkörper (Abb. 87 und Abb. 88); oder Lockflamme (Abb. 86 nach Weyl). Letztere sind nach praktischen Erfahrungen von Hottinger weder ökonomisch noch zuverlässig genug.

Auch vor den Heizkörpern, die in den Fensternischen der Räume angebracht sind, bringt man manchmal Frischluftklappen mit direkter Frischluftzuführung an (siehe Abb. 68, S. 151). Sowohl die Motore als die in den Luftkanälen vorhandenen Heizkörper müssen übersichtlich aufgestellt sein.

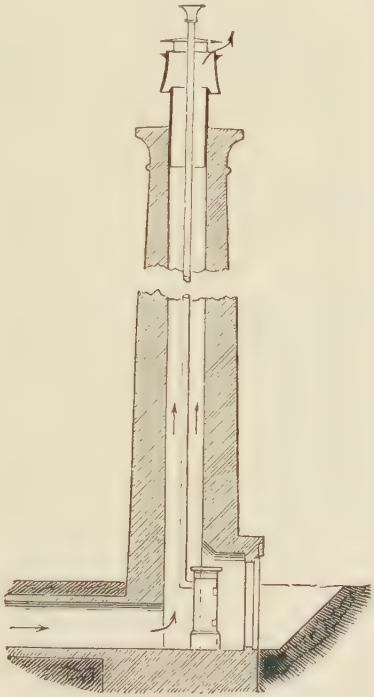
Die verschiedenen Systeme dieser Lüftungsmöglichkeiten veranschaulicht Abb. 88, Ziffer 1—7[1]).

Abbildung 86.



Lockflamme in einem Abzug.

Abbildung 87.



Verstärkung der Ventilation durch eine in den Luftschacht eingebaute Heizquelle.

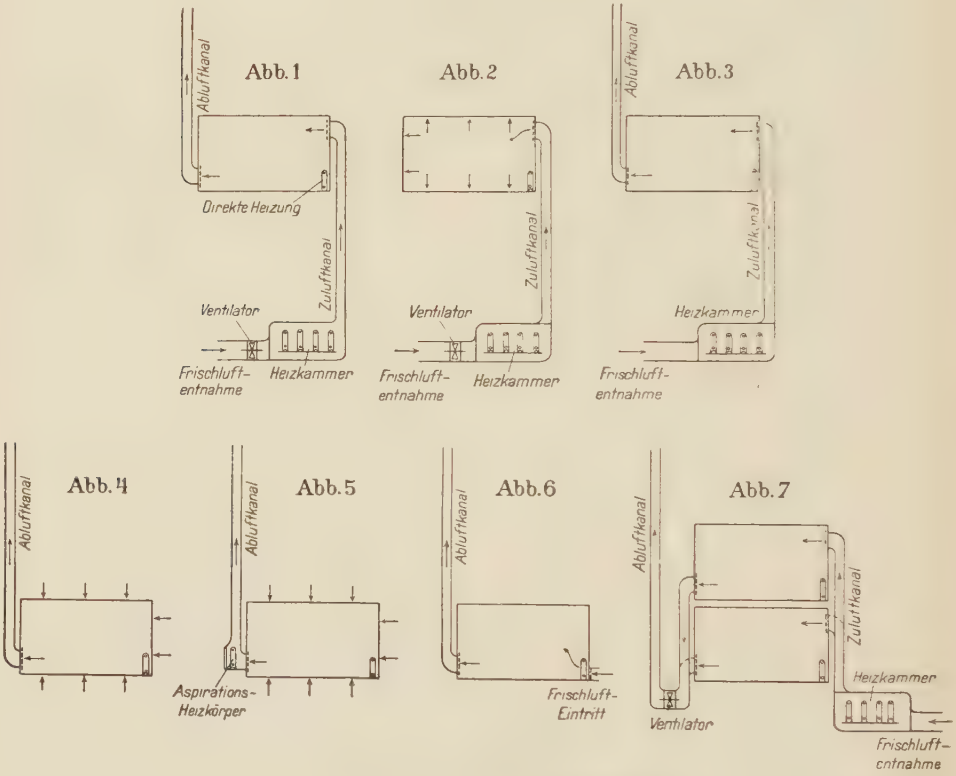
Nicht empfehlenswert ist das Anbringen von Zu- und Abluftkanälen ohne jegliche Triebkraft; hierbei besteht, wie bei der natürlichen Ventilation, die Abhängigkeit von der Witterung, und bei hohen Außentemperaturen sind schon rückläufige Bewegungen von oben nach unten beobachtet worden.

Die Ventilation kann sowohl mit der Heizung als mit der Beleuchtung verbunden werden.

1) Entnommen der beachtenswerten Arbeit von M. Hottinger (19).

Für ersteren Fall muß namentlich auf das bei der Luftheizung Gesagte (S. 141) verwiesen werden; vielfach erfolgt aber auch die Frischluftzuführung und die Absaugung der verbrauchten Luft unter Benutzung der Wärme von den Rauchgasen der Oefen, wie Abb. 89 und 90 dies veranschaulichen; dadurch daß diese Ventilation nur in der kühlen Jahreszeit voll leistungsfähig ist, bleibt ihr Anwendungsgebiet beschränkt. Man findet sie vielfach zur Lüftung militärischer

Abbildung 88.

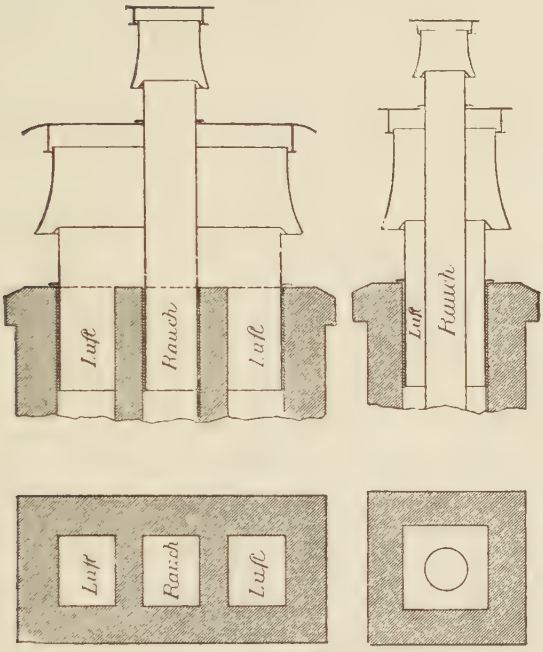


Schemata verschiedenartiger Lüftungssysteme.

Baracken (Abb. 91 nach Gramberg), worüber im Band III unter „Militärische Unterkünfte“ ausführlichere Angaben folgen.

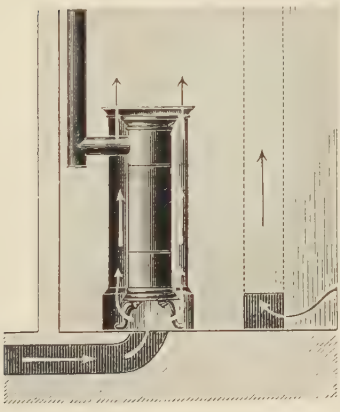
Auch die Beleuchtung kann unter Umständen, z. B. in größeren Sälen, dadurch für die Ventilation nutzbar gemacht werden, daß man über den Flammen eine Glas- oder Metallglocke anbringt, welche die Verbrennungsprodukte nach außen abführt und so wie das Rauchrohr eines Ofens wirkt (Abb. 92 nach Weyl). Diese Einrichtung läßt sich praktisch nur in Räumen anbringen, die unter Dach liegen; will man sie in

Abbildung 89.



Um den Schornstein gelegte Lüftungskanäle (mit Saugköpfen).

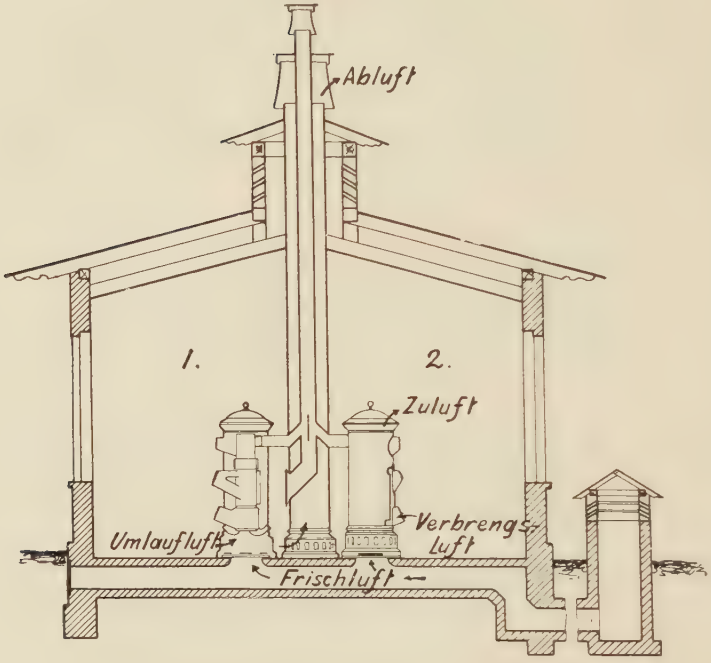
Abbildung 90.



Frischluftzuführung bei Ofenheizung.

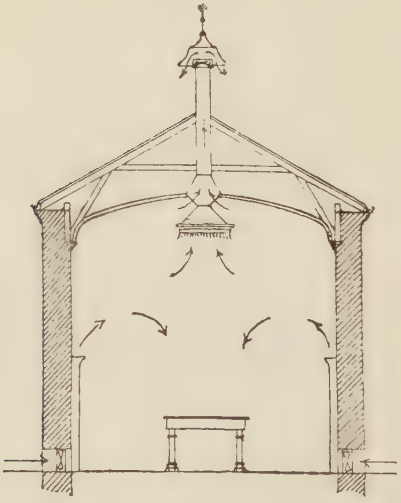
einem Haus mit mehreren Stockwerken durchführen, so geht durch die seitlichen Abzüge an Auftrieb viel verloren, was man durch eine Lockflamme im Abzugsschlot oder durch einen Ventilator ersetzen müßte;

Abbildung 91.



Ventilation durch Ofenheizung in einer Baracke.

Abbildung 92.



Ventilation in Verbindung mit dem Kronleuchter.

Abbildung 93.

Elektrisch getriebener langarmiger Deckenfächer.

außerdem käme eine manchmal unerwünschte Fußbodenerwärmung für das nächstfolgende Stockwerk zustande.

Um innerhalb eines Raumes die Luft in Zirkulation zu setzen, die Ventilation zu unterstützen und durch künstlich erzeugten Wind den Insassen eines Raumes die angenehme Empfindung einer stärkeren Entwärmung zu geben, bringt man an der Zimmerdecke, ähnlich der in Indien gebrauchten Punka, einen Deckenfächer an, der aus einem elektrisch getriebenen Windmühlenflügel besteht (Abb. 93 nach Gaertner).

Die Zu- und Abluftkanäle.

Alle Luftkanäle sollen im Interesse der Reinlichkeit sehr sauber gehalten, womöglich gestrichen oder mit Kacheln (Fließen) ausgeschlagen sein, wodurch auch der Reibungswiderstand für die durchgehende Luft geringer wird. Es ist bei der Anlage darauf Bedacht zu nehmen, daß sich die Kanäle leicht und einfach reinigen lassen, damit nicht mit der eintretenden Frischluft größere Staubmengen in die Räume ventiliert werden. In der Praxis läßt sich diese hygienische Forderung nicht immer gerade leicht erfüllen, weshalb solche Luftkanäle bald verschmutzen und die natürliche Raumventilation in Verbindung mit einfach zu bedienenden Kippfenstern noch viele Anhänger hat.

Ist der Auftrieb der Luft in diesen Kanälen durch einen den zu stellenden Anforderungen entsprechenden, elektrisch getriebenen Ven-

tilator oder eine ausreichende Aspirationsheizung sichergestellt, so genügt der Abschluß des Luftkanals über Dach durch eine auf Füßen ruhende Platte, welche einerseits verhindert, daß der auf die Mündung treffende Wind, in sie eintretend, die Abluft am Ausströmen hindert, andererseits sogar die Luftbewegung des Windes für das Absaugen der austretenden Luft nutzbar macht (Abb. 94).

Abbildung 94.

Abzugsschlot mit einfacher Platte.

Abbildung 95.

Wolpertscher Luftsauger.

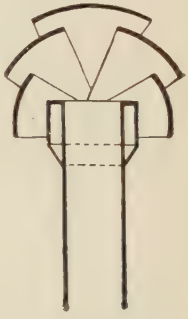
Abbildung 96.

Howortsches Windrad.

Abbildung 97.

Johnscher Ventilationsaufsatz.

Abbildung 98.



Grovescher Sauger.

Nach Gramberg.

Um die Schutz- und Saugwirkung der einfachen Platte zu erhöhen, benutzt man häufig 2 bis 3 übereinander gesetzte Platten, Saugköpfe (Abb. 89).

Unter der großen Zahl von Saugköpfen, die im Gebrauche sind, sollen nur diejenigen hier abgebildet werden, die nach eingehenden Untersuchungen von Rietschel als die wirksamsten bezeichnet werden können:

1. Der Wolpertsche Luftsauger (Abb. 95),
2. der Johnsche Ventilationsaufsatz (Abb. 97),
3. der Grovesche Sauger (Abb. 98).

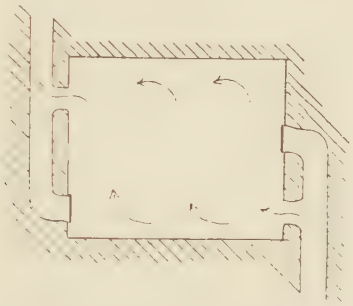
Auch das Howortsche Windrad (Abb. 96) findet häufiger Verwendung.

Die Lage der Ausmündungen in den Kanälen (Zu- und Abluftöffnungen).

Bei der Entlüftung eines Raumes darf es keine toten Winkel geben, überall muß die Frischluft hingelangen, und aus jeder Ecke muß die verbrauchte Luft abziehen können; die Luftzirkulation muß eine geregelte sein, die Zuluft darf nicht von einer Oeffnung zur anderen gehen, sie muß vielmehr die Raumluft gänzlich auswechseln.

Man bringt gewöhnlich die Zuluftöffnung soweit über Kopfhöhe an, daß die eintretende frische Luft niemand belästigt, und die Oeffnungen nicht durch Möbel verstellt werden können; ferner ist zu berücksichtigen, ob die zutretende Luft kälter als die Raumluft ist oder wärmer, wie bei der Luftheizung.

Abbildung 99.



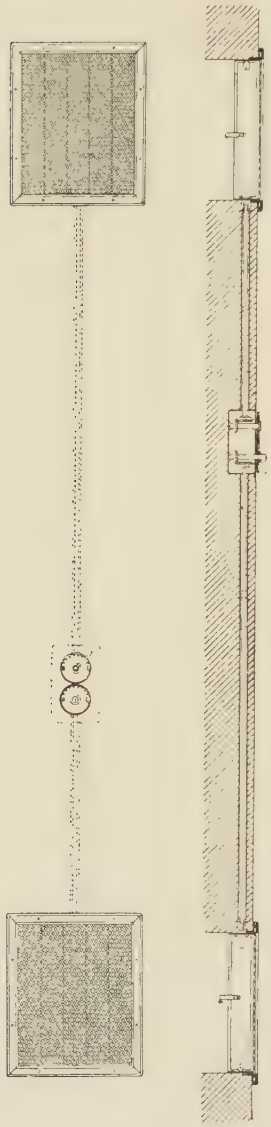
Schema einer Sommerlüftung.

Im ersteren Fall läßt man die kühlere Luft oben, und zwar aus einer schräg nach oben, der Decke zugerichteten Kanalmündung eintreten, von wo sie — specifisch schwerer — bald zu Boden sinkt, während die warme Innenluft hoch zu den Abzugsöffnungen steigt; bei dieser Anordnung werden Zug- oder Kälteempfindungen nicht verspürt.

Auch bei der Luftheizung tritt die wärmere Luft oben ein, jedoch liegen die Oeffnungen für die Abluft unten.

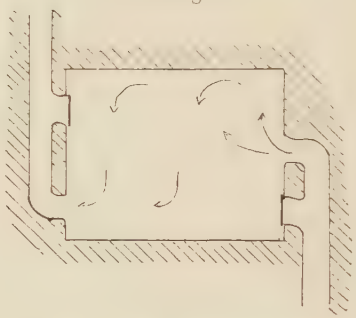
Je nach Lage der Abzugsöffnungen kann man in den Zimmern ohne besondere Luftzuführungseinrichtungen eine Sommer- und Winterventilation anbringen (Abb. 99 und 100 nach Praußnitz); in ersterem Falle führt ein unterhalb der Decke geöffneter Abzugsschlot die warme, an der Decke befindliche Luft nach außen; im letzteren führt bei geschlossener oberer Klappe eine kurz über dem Fußboden angebrachte Oeffnung des Abzugsschlotes durch besonderen Auftrieb

Abbildung 101.



Verstellbare Jalousieklappen für Sommer- und Winterlüftung.

Abbildung 100.



Schema einer Winterlüftung.

die kühlere Fußbodenluft nach außen und macht die wärmere Luft im oberen Teil des Raumes für den Fußboden nutzbar.

Für Militärbauten ist von Paalzow-Hartung eine besonders einfache, glattwandige Lüftungseinrichtung konstruiert worden, die einen

praktischen Verschluß der oberen oder unteren Oeffnung eines in der Wand liegenden Entlüftungsschlotes darstellt.

Durch Oeffnen der oberen Klappe (Sommerlüftung) wird zugleich der Schlot geschlossen, so daß durch die untere Oeffnung die Luft nicht abziehen kann. Für die Winterlüftung wird die obere Oeffnung geschlossen. Durch eine Klappe vor der unteren Oeffnung wird der Luftabzug geregelt, was für die Erwärmung des Raumes an kälteren Tagen nötig ist. Der mit glasierten Fliesen abgedeckte Boden des Schlotes und die Verschlußkappen lassen sich von Staub und Krankheitskeimen leicht reinigen, was bei den sonst üblichen Verschlüssen — stellbare Jalousien mit Gittern davor — nur unvollkommen oder gar nicht möglich ist.

Untersuchungen von künstlichen Ventilationseinrichtungen.

Handelt es sich darum, festzustellen, wieviel Luft aus einem Luftkanal ausströmt, um hiernach zu berechnen, ob der für die Größe des Raumes notwendige „Ventilationsbedarf“ gedeckt ist, so ist namentlich die Luftgeschwindigkeit in der Kanalöffnung an mehreren Stellen (wegen der ungleichen Geschwindigkeiten in den einzelnen Teilen der Oeffnung in den 4 Ecken und in der Mitte üblich) zu bestimmen; dies geschieht durch ein geeichtes Flügelradanemometer; aus den 5 gefundenen Werten wird der Durchschnittswert der Geschwindigkeit für 1 Sekunde in Metern berechnet. Multipliziert man das Resultat mit der Fläche der Ventilationsöffnung (Querschnitt), in Quadratmetern ausgedrückt, so erhält man in Kubikmetern die Zahl für die Luftmenge, die in einer Sekunde einströmt, welche man auf 1 Stunde umrechnen kann.

Soll die Gesamtventilation (künstliche und natürliche) eines Raumes bestimmt werden, so läßt man in dem Raum mehrere Gasflammen brennen oder Menschen längere Zeit sich aufhalten oder — aber weniger zuverlässig — flüssige Kohlensäure aus einer Kohlensäurebombe entweichen oder benutzt hierzu ein anderes, leicht nachweisbares Gas.

Man bestimmt zu Beginn nach den im Band I bei Luftuntersuchung genannten Methoden in der Luft den Gehalt an Kohlensäure und nach einer bestimmten Zeit, z. B. nach 1 Stunde, wieder.

Nach der Seidelschen Formel: $C = 2{,}303\ m \log \frac{p_1 - a}{p_2 - a}$ findet man den Betrag für die Gesamtventilation in cbm Luft (C).

m = Kubikinhalt des Raumes,

p_1 = anfänglicher, p_2 = späterer } Kohlensäuregehalt

a = Kohlensäuregehalt der Luft im Freien.

Dividiert man den Rauminhalt durch die gefundene Ventilationsgröße, so erfährt man, wie oft sich die Luft erneuert hat.

Literatur.

1. Anweisung zur Herstellung und Unterhaltung von Zentralheizungs- und Lüftungsanlagen. Preuß. Minist. f. öffentl. Arbeiten. 29. 4. 09. Ges.-Ing. 1909.
2. Baukunde des Architekten. Deutsches Bauhandbuch 1905.
3. Bekämpfung der Rauch- und Rußplage in den Städten. Erlaß des Preuß. Ministers der geistl. Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten. (Ministerialblatt für Medizinalangelegenheiten. 1909. Nr. 21. S. 546.)
4. Brand, Technische Untersuchungsmethoden zur Betriebskontrolle. Verlag Springer-Berlin. 1907.
5. Dietz, L., Die Regelung der Temperatur in den Schulräumen. Das Schulzimmer. 1907. Nr. 4.
6. Dietz, L., Kachelofen oder Zentralheizung. Ebenda. 1908. Nr. 1.
7. Dietz, L., Betriebskosten für Ofenheizung und Zentralheizungen. Ebenda. 1908.
8. Dietz, L., Ventilations- und Heizungsanlagen. 1909. Technische Handbibliothek.
9. Esmarch, E. v., Die Staubversengung auf unseren Heizkörpern. Hyg. Rundsch. 1905. Nr. 1 und Ges.-Ing. 1905. Nr. 4.
10. Esmarch, E. v., Hygienisches Taschenbuch. 1908.
11. Fischer, H., Heizung und Lüftung der Räume. Handbuch der Architektur. 1908.
12. Flügge, C., Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden. 1908.
13. Flügge, C., Ueber Luftverunreinigung, Wärmestauung und Lüftung in geschlossenen Räumen. Zeitschr. f. Hyg. 1905. Bd. 49.
14. Gosebruch, Ueber die Durchlässigkeit der Baumaterialien. Diss. Berlin 1897.
15. Gramberg, A., Heizung und Lüftung von Gebäuden. J. Springer. Berlin 1909.
16. Heepke, Die elektrische Raumheizung. 1904.
17. Heymann, B., Ueber den Einfluß wieder eingeatmeter Exspirationsluft auf die Kohlensäureabgabe. Zeitschr. f. Hyg. 1905.
18. Hiller, Leitfaden der Militärgesundheitspflege. Verl. v. A. Hirschwald-Berlin. 1905.
19. Hottinger, M., Lüftungseinrichtungen in schweizerischen Schulhäusern. Schweiz. Bauzeitung. 1909 und Ges.-Ing. 1909. Nr. 52.
20. Kisskalt, Zur Entfernung der Geruchstoffe durch Ventilation. Arch. f. Hyg. Bd. 61. S. 380.
21. Kister, Bericht über die in Hamburg ausgeführten Rauch- und Rußuntersuchungen. Ges.-Ing. 1909. Nr. 51 und 1910. Nr. 2 (mit reichlichen Literaturangaben).
22. Knorr, M., Was soll man bei Einrichtung einer Zentralheizung beachten? Verlag von C. Marhold-Halle a. S. 1909.
23. Krell, Bau und Betrieb der Heizungs- und Lüftungseinrichtungen des neuen Theaters in Nürnberg. Ges.-Ing. 1907. Nr. 20 u. 21.
24. Lehmann, K. B., Methoden der praktischen Hygiene. 1902.
25. Lübbert, Ueber die Gesundheitschädlichkeit der Luft bewohnter Räume und ihre Verbesserung durch Ozon. Ges.-Ing 1907. Nr. 49.
26. Mayer, J. E., Heizung und Lüftung. 1909. Verlag von B. G. Teubner. Leipzig.
27. Nußbaum, H. Chr., Staubzersetzung auf Heizkörpern. Ges.-Ing. 1905. Nr. 16.
28. Nußbaum, H. Chr., Zeigen zweckmäßig durchgebildete Sammelheizungen Nachteile gegenüber der Ofenheizung? Haustechnische Rundschau. 1908. Nr. 17.
29. Ohnacs, Selbsttätige Temperaturregler bei Zentralheizungen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Ges.-Ing. 1904. Nr. 34.
30. Paul, L., Die Wirkungen der Luft bewohnter Räume. Zeitschr. f. Hyg. 1905.
31. Praußnitz, W., Atlas und Lehrbuch der Hygiene. 1909.
32. Recknagel, H., Kalender für Gesundheitstechniker. 1910.
33. Recknagel, H., Ueber Staubgehaltsuntersuchungen der Luft in gewerblichen Betrieben. Ges.-Ing. 1908. Nr. 19.
34. Rietschel, H., Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen. 1909.
35. Rietschel, H., Heizung und Lüftung in Krankenhäusern. Ges.-Ing. 1907. Nr. 23.
36. Rietschel, H.: Ueber die Bestimmung und Grenzen des Luftwechsels in geschlossenen von Menschen benutzten Räumen. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. 1890. Bd. 22.

37. Rietschel, Fernheizungen. Ges.-Ing. 1902. Nr. 15 u. 16.
38. Rietschel, Lüftung und Heizung von Schulen. 1886.
39. Ritter, J., Die Fernheizung und Fernwarmwasserversorgung für das Offizierheim Taunus in Falkenstein i. T. Ges.-Ing. 1909. Nr. 52.
40. Rubner, M., Lehrbuch der Hygiene. 1907.
41. Rubner und Wolpert, Grundlagen für die Beurteilung der Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen. Arch. f. Hyg. 1904. Bd. 50.
42. Schmidt, Heizung und Ventilation. Handbuch der Hygiene von Th. Weyl. 1896. Bd. IV.
43. Trautmann, Ueber die Betriebsergebnisse des Kgl. Fernheiz- und Elektrizitätswerkes zu Dresden. Ges.-Ing. 1907.
44. Wierz, M., Die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Heizungssysteme. Ges.-Ing. 1910. Nr. 15.
45. Wolpert, A. und H., Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. 1896 und 1905. Bd. III u. IV.
46. Wolpert, H., Luftbewegung in der Nähe unserer Wohnungen. Arch. f. Hyg. 1904. Bd. 52. H. 1.
47. Kissinger, Schwere Blutungen in das Gehirn nach Einatmung von Kohlendunst. Monatsschrift für Unfallheilkunde. 1908. Nr. 9.
48. Federschmidt, Zwei Fälle von Kohlendunstvergiftung in hygienischer und gerichtlich-medizinischer Beleuchtung. Wiener medizin. Wochenschrift. 1909. Nr. 29. S. 1483.

V. Abschnitt.

Wasserversorgung.[1]

1. Kapitel.

Die Wasservorräte der Natur, ihre Entstehung und ihre wichtigsten Eigenschaften.

Das für die Ernährung und die Gesundheitspflege des Menschen notwendige Wasser findet sich in der Natur in verschiedenartigen Vorräten und weist je nach seiner Herkunft verschiedene Eigenschaften auf. Als „Meteorwasser“ (Regen, Schnee, Hagel, Tau) gehen große Wassermengen zur Erde nieder, die zum Teil an der Oberfläche des Bodens verdunsten, zum Teil in den Boden einsickern und schließlich zu „Grundwasser“ werden, zum Teil abfließen und den Bächen, Flüssen, Seen und Meeren zuströmen — „Oberflächenwasser“. Durch Verdunstung von Meteor- und Oberflächenwasser und Rückkehr des kondensierten Wasserdampfes zur Erde schließt sich bekanntlich der Kreislauf des Wassers in der Natur.

1. Meteorwasser.

Das Meteorwasser, das nur im Notfall besonders aufgefangen und zur Wasserversorgung herangezogen wird, ist an sich seiner Ent-

1) Zusammenfassende Literatur am Schluß des Abschnitts S. 322.

stehung nach ein chemisch reines und keimfreies Wasser, wird aber schon beim Fallen durch die Luft mehr oder weniger verunreinigt. Es nimmt aus ihr Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure, in Gegenden mit stärkerer Luftverunreinigung, besonders in der Nähe industrieller Betriebe auch Ammoniak, Salpetersäure, schweflige Säure, Schwefelwasserstoff usw. in nicht geringen Mengen auf. Auch in der Luft schwebende anorganische und organische Partikelchen werden durch das Regenwasser niedergerissen, unter ihnen zahlreiche Mikroorganismen. Wird zu Beginn eines längeren Regens Meteorwasser aufgefangen, so ist dieses naturgemäß in stärkerem Grade verunreinigt, als die später niedergehenden Mengen, die die schon vorgereinigte Luft passiert haben.

Im allgemeinen ist aufgefangenes Regenwasser also reich an Bakterien und in seiner chemischen Zusammensetzung sehr weich. Es hat in der wärmeren Jahreszeit eine verhältnismäßig hohe Temperatur und geht daher bei längerer Aufbewahrung durch die Wirkung der Mikroorganismen leicht in Fäulnis über.

2. Grundwasser.

Trifft das Meteorwasser auf einen durchlässigen Boden, so sickert es in diesen je nach der auffallenden Masse, der Porosität des Bodens und den für die Verdunstung maßgebenden Temperatur- usw. -Verhältnissen in mehr oder weniger großen Mengen ein und dringt weiter in die Tiefe, bis es auf eine für Wasser undurchlässige Gesteinsschicht trifft. Hier bildet es mit dem an anderen Stellen eingedrungenen oder von oberflächlichen Wasserläufen an das Erdreich abgegebenen Wasser das Grundwasser, dessen Eigenart und Menge von der Bodenbeschaffenheit in hohem Grade abhängig ist.

In den oberen Bodenschichten läßt das Wasser seine suspendierten Partikel zurück. Es gibt dann bei seinem weiteren Vordringen etwaige Säuren ab, verliert seinen Sauerstoff und nimmt von der Kohlensäure des Bodens auf. Infolge seines Kohlensäuregehaltes vermag es dann die Karbonate des Kalziums und Magnesiums, ja sogar Silikate und Eisenverbindungen des Bodens in Lösung zu bringen. Das Wasser laugt die in den oberen Bodenschichten vorhandene organische Materie aus, nimmt die gelösten organischen Substanzen mit und beladet sich mit ihren Zerfallsprodukten, dem Ammoniak, der salpetrigen Säure und der Salpetersäure. Einen großen Teil der gelösten Stoffe gibt das Wasser rasch wieder ab; so überweist es schon in den oberflächlichsten Schichten das Kalium, die Stickstoffverbindungen, die organischen Substanzen und die Phosphorsäure den Pflanzen und Bakterien

zur Nahrung, und nur unter besonderen Bedingungen, wenn die oberen Bodenschichten rasch durchflossen werden oder der Boden übersättigt ist, gehen die Stoffe unvermindert in die Tiefe (Gärtner).

Sind die Hohlräume des Untergrundes, in die das Wasser vordringt, zum Teil mit Luft angefüllt und verhindert die letztere das Zusammentreten der Wasserteilchen zu größeren Mengen, so spricht man von „hängendem Grundwasser“ (Bodenfeuchtigkeit); wird die Luft aber allmählich von dem Wasser in den tieferen Teilen verdrängt, so entsteht ein „gesammeltes Grundwasser“. Unter „geschlossenem Grundwasser“ versteht man solches, das in Spalten, Klüften und Höhlen undurchlässigen Gesteins in unveränderter körperlicher Beschaffenheit in die Tiefe tritt.

Die Beschaffenheit des Untergrundes beeinflußt auch die Bewegung des Grundwassers. Fallen die undurchlässigen Schichten, auf die das Wasser schließlich stößt, nach einer Seite ab, so entstehen Grundwasserströme, deren Bewegungsschnelligkeit von dem Gefälle jener Schichten, der Beschaffenheit des durchflossenen Bodens (Korngröße, Porenvolum), der Menge des Wassers und der Abflußmöglichkeit abhängt. Bilden die unterliegenden Gesteinschichten aber horizontale Lagen oder muldenförmige Vertiefungen, so werden Grundwasserseen gebildet.

Als „Grundwasserträger“ bezeichnet man die Schichten des Untergrundes, in denen das gesammelte Grundwasser oberhalb des undurchlässigen Gesteins sich ansammelt. Meist werden sie durch Sande, Kiese und Grande gebildet, doch kommen auch poröse Sandsteine und Konglomerate in Betracht. Treten solche Schichten an Abhängen zutage, so wird hier auch das Grundwasser austreten, wenn sein Gefälle es ermöglicht. Die auf natürlichem Wege zutage tretenden Grundwasser werden allgemein „Quellen“ genannt.

Größere Grundwasseransammlungen trifft man überall in den diluvialen und alluvialen Schichten der Tiefebene und speziell der Flußtäler.

Für die Güte des Grundwassers ist die Dicke und Beschaffenheit der filtrierenden Schicht von der größten Bedeutung. Ist diese in großer Flächenausdehnung von genügender Mächtigkeit und besteht sie aus feinkörnigem Material, so wird auch der Filtrationseffekt ein zuverlässiger sein. In diesem Falle werden selbst anhaltende Regengüsse die Grundwassermenge nur in geringem Grade und ganz allmählich vermehren. Der langdauernde Aufenthalt des Wassers in dem Untergrund bewirkt, daß seine physikalischen und chemischen Eigenschaften annähernd stets die gleichen bleiben. Die Temperatur wird von der Lufttemperatur nur in sehr geringem Grade beeinflußt. Sie beträgt in unseren Gegenden bis zu

einer Tiefe von etwa 30 m im Mittel 8—9° C., in größerer Tiefe ist sie infolge der Wirkung der tellurischen Wärme höher.

Die chemische Zusammensetzung wird von der Eigenart des Untergrundes, im besonderen von der Löslichkeit seiner Bestandteile, bestimmt. In erster Linie ist für die Charakterisierung eines Grundwassers sein Gehalt an Kalk- und Magnesiumsalzen bestimmend, die die Härte des Wassers bedingen, ferner die Menge der Chlorverbindungen und der organischen Substanzen. Von großer praktischer Wichtigkeit für die Verwendung des Wassers ist, wie wir später sehen werden, ein etwaiger Gehalt des Grundwassers an Eisen- und Manganverbindungen. Organische Substanzen werden auch in einwandfreiem Grundwasser gefunden, wenn im Boden durch kohlensäurehaltiges Wasser Pflanzenreste (Torf, Braunkohle) ausgelaugt werden. Sie gehören zur Gruppe der Huminsäuren und beeinflussen, wenn sie in größeren Mengen vorhanden sind, wohl bis zu einem gewissen Grade die Farbe und den Geschmack des Wassers, sind sonst an sich aber unbedenklich.

3. Quellwasser.

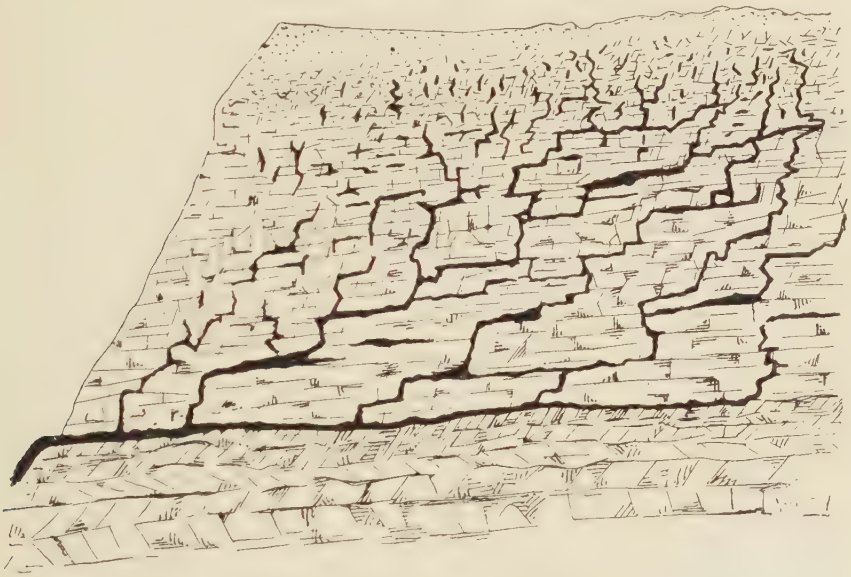
Ebenfalls unterirdisch bildet sich das Quellwasser, das gewissermaßen nur eine andere Erscheinungsform des Grundwassers ist. Es ist das in besonderen unterirdischen Kanälen, Klüften usw. rinnende, einer oder wenigen Ausflußöffnungen zueilende und dort austretende Wasser. Es ist nicht erforderlich, daß die Gerinne vollständig mit Wasser gefüllt sind, oder daß in benachbarten Klüften auch Wasser sich findet. Als „Quelle“ bezeichnet man die Ausmündung eines solchen unterirdischen, in engem oder breitem Bett oder Schlauch laufenden Wassers. Das Rinnen, also die relativ rasche Bewegung des Wassers, wenn auch zuweilen in vielen, aber gesonderten Bahnen zu einer oder wenigen Ausflußöffnungen hin, wobei eine nur teilweise Füllung der vorhandenen Hohlräume mit Wasser bestehen kann, sind das Ausschlaggebende für den Begriff des Quellwassers (Gärtner).

Quellen können auf sehr verschiedene Weise entstehen. Ihr Wasser ist demgemäß auch nicht, wie es früher vielfach geschah, allgemein als einwandfrei anzusehen, sondern bezüglich seiner Eigenschaften von Fall zu Fall ganz verschieden zu beurteilen.

Wenn Meteorwasser im Gebirge und auf Hochebenen in den Boden eindringt, so wird es auf der ersten undurchlässigen Schicht, die es antrifft, ablaufen und dort, wo an Abhängen oder in Tälern die wasserführende Schicht zutage tritt, wieder an der Oberfläche erscheinen. Diese Art von Quellen, die man „absteigende Hochquellen“ nennt, trifft man sehr häufig an (Abb. 102). Gärtner (8) charakterisiert sie in

trefflicher Weise folgendermassen: „Das Aufschlagswasser hat eine meist nur dünne filtrierende Humusschicht passiert und erreicht, trübe und mit Bakterien beladen, vielfach in kürzester Zeit das unterliegende festere Gestein. Ist dieses undurchlässig oder schwer durchlässig und, wie z. B. oft im Eruptivgestein, nicht von gröberen Sprüngen und Rissen durchsetzt, so vermag das Wasser nur zum geringsten Teil in die kompakten Massen einzudringen, es läuft vielmehr an der Oberfläche des festen Felsens in ausgewaschenen kleinen Rinnen dem Talweg zu. Hier, wo sich mehr Schotter angehäuft hat, wo das abgestürzte Gebirge in mächtigen Trümmerhalden ruht und eine Vielzahl kleiner Rinnsale zusammenkommen, wird die Entfernung des Quell-

Abbildung 102.



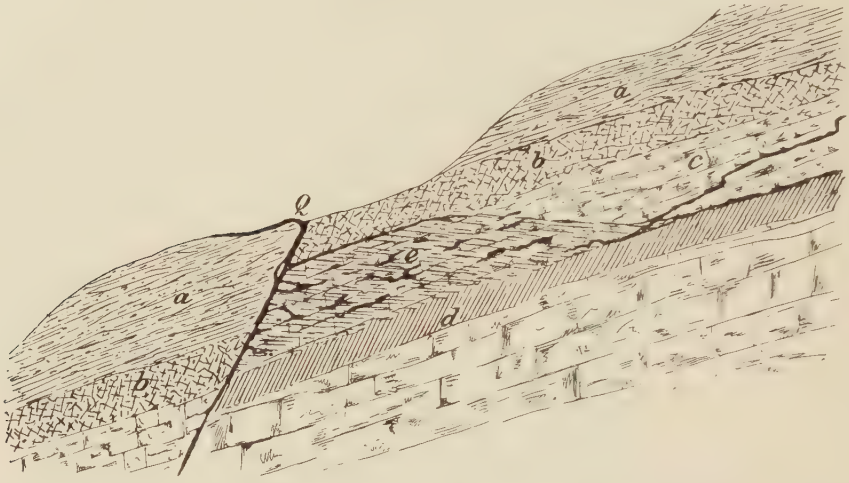
Absteigende Hochquelle (nach Gärtner).

laufes von der Erdoberfläche eine größere, bis dann bei Terrainstürzen das Wasser als Quelle zutage tritt. Derartige Quellen sind weder nachhaltig, noch sind sie vor Infektionen und Verunreinigungen geschützt, denn es fehlt ihnen sowohl die wasserhaltende, als auch die filtrierende Schicht; in wenigen Stunden zeigt sich nach Regengüssen starkes Ansteigen, dem ein ebenfalls rasches Absinken bis zum völligen Versiegen folgt. Gewöhnlich ist das Wasser dieser Quellen bei Regen trübe und gefärbt, es kann sogar (durch beigemischten Kuhdünger) schäumen.“

Treten dem weiteren, talwärts strebenden Verlauf einer Hoch-

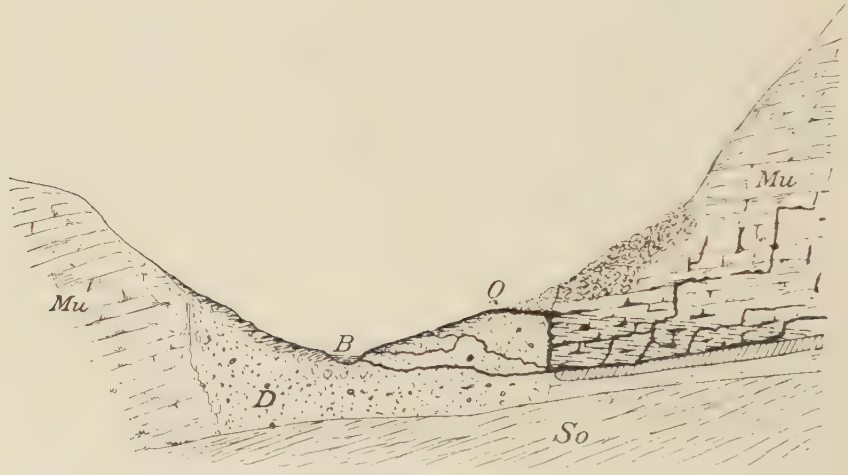
quelle Hindernisse in den Weg, wie es z. B. bei Verwerfung der Schichten oder durch Einlagerung von undurchlässigem Material häufig vorkommt, oder finden sich Spalten im Gestein, die dem Wasser einen

Abbildung 103.



In einer Verwerfungsspalte aufsteigende Quelle.
a = schwer durchlässiger Lehm; b = feste Mergelbank; c = wasserführendes Gestein; d = undurchlässige Schicht; e = Wasseransammlung; Q = Quelle (nach Gärtner).

Abbildung 104.



Aufsteigende temporäre Quelle.
Q = Quelle; B = Bach; Mu = unterer Muschelkalk; So = Röt; D = Ton (nach Gärtner).

leichteren Ausweg gestatten, so kann letzteres an solchen Stellen aufwärts dringen, soweit das Gesetz der kommunizierenden Röhren dies zuläßt. Wir haben es dann mit einer „aufsteigenden Hochquelle“ zu

tun (Abb. 103). Ist ihr Aufstieg nur zu Zeiten größerer Wasserfülle möglich, so wird das Wasser an der Mündung der Gesteinsspalte nur temporär austreten (sogen. „Hungerquelle“ Abb. 104). Häufig bilden sich auch, z. B. bei Sattelung der Schichten, über einer muldenförmigen, undurchlässigen Sohle größere Ansammlungen von Quellwasser im Gestein. Wo solche an den Rand eines Hanges heranreichen, tritt das Wasser, das von oben her durch Zuflüsse immer wieder ergänzt wird, von ihrer Oberfläche als „Ueberlaufquelle“ hervor (Abb. 105).

Den Hochquellen stehen die „Tiefquellen“ gegenüber. Sie treten meist am Fuß der Berge, im Tal selbst, in weiten Flußniederungen oder in den Einschnitten der Plateaus aus den Schutthalden hervor, die durch abgestürztes und zertrümmertes Gestein gebildet sind. Die Schuttanhäufungen sind in der Regel fast wagerecht ausgebreitet.

Abbildung 105.

Ueberlaufquelle infolge Sattelung der Schichten.
c = Wasserträger; d = undurchlässige Schicht; Q = Quelle (nach Gärtner).

Durch die Verteilung auf eine breite Grundfläche, durch die starke Abminderung des Gefälles wird die Schnelligkeit des Wassers ganz gewaltig verlangsamt und hierdurch wiederum dessen Charakter wesentlich verändert. Durch Filtration, Sedimentierung und Flächenattraktion werden die von den Bergen mitgebrachten suspendierten Bestandteile aus dem Wasser entfernt. Durch die lange dauernde Berührung an der enorm großen Oberfläche der Gesteinstrümmer nimmt letzteres den Charakter der Gesteinsart voll an, die Temperatur wird ausgeglichen und durch die vielen Widerstände eine Anhäufung des Wassers bedingt, die den Abfluß verhältnismäßig unabhängig macht von den nachkommenden Zuflüssen (Gärtner).

Wo schräg einfallende, Grundwasser führende Schichten im Tale zutage treten, können auch echte Grundwasserquellen gebildet werden.

Ebenso können auch in der Ebene Ueberlaufquellen, wie sie oben geschildert wurden, vorkommen.

Schließlich ist noch zu erwähnen, daß auch das Wasser von Bächen, Flüssen und Seen nicht selten zur Bildung von Quellen führt (sogen. „sekundäre Quellen“). Es tritt dies dann ein, wenn weite Gesteinsspalten in das Bett von Wasserläufen hineinreichen und deren Wasser aufnehmen, um es an tiefer gelegenen Stellen, die oft weit entfernt liegen, wieder austreten zu lassen. Auch beim Uebertritt fließender Gewässer von einer undurchlässigen Sohle auf vorgelagerte Schotter, Kiese und Sande versinken mitunter große Wassermassen, die dann unterirdisch weitergeführt werden.

Aus der mannigfachen Entstehungsweise der Quellen, die hier nur in kurzen Zügen skizziert ist, bei der unendlichen Vielgestaltigkeit der geologischen Bodenformationen naturgemäß aber alle möglichen Uebergänge aufweisen kann, ergibt sich ohne weiteres, daß ihr Wasser von Fall zu Fall ganz verschieden zu beurteilen ist. Die Reinheit des Wassers hängt auch hier zunächst von der natürlichen Bodenfiltration ab. Das Wasser der Hochquellen ist meist sehr reich an organischen und anorganischen Verunreinigungen, weil es nur dünne Humusdecken passiert hat und in ausgewaschenen Rinnen und Klüften des Gesteins in raschem Verlauf zu Tale geführt wird. Daß sie ein nur schlecht oder stellenweise gar nicht filtriertes Oberflächenwasser führen, zeigt sich, wie schon erwähnt, an der schnell bemerkbaren und starken Trübung bei Regengüssen. Auch die Ergiebigkeit dieser Quellen ist je nach der Niederschlagsmenge eine in weitesten Grenzen wechselnde. Die Temperatur des Wassers ist von der Luftwärme um so mehr abhängig, je oberflächlicher und schneller sein Verlauf ist.

Je besser ein Quellwasser im Boden des Niederschlagsgebietes und gegebenenfalls auf seinem weiteren Verlaufe, z. B. in porösem Gestein oder mit feinkörnigem Material ausgefüllten Felsspalten filtriert wird, und je mehr Flächenattraktion auf die in ihm suspendierten Bestandteile einwirken kann, je länger und langsamer es unterirdisch verläuft und je gleichmäßiger es an der Quellmündung hervortritt, desto reiner und gleichmäßiger in seiner Zusammensetzung pflegt es zu sein. In chemischer Hinsicht wird die Eigenart des durchflossenen Gesteins die Eigenschaften des Quellwassers naturgemäß auch nur dann wesentlich beeinflussen, wenn dieses in vielverzweigten und engen Kanälen verlief oder aber längere Zeit in ihm verweilte. Quelläufe, die aus Kalkgestein hervortreten, liefern z. B. ein härteres Wasser, wenn sie in ihm längere Strecken zurücklegten, ein weicheres dagegen, wenn sie nur kurze Zeit in weiteren Spalten hindurchtraten. Kurz,

je mehr sich ein Quellwasser seiner Entstehung und Ansammlung nach dem Grundwasser nähert, desto ähnlicher sind auch seine Eigenschaften denen des letzteren. Man erkennt dies am besten an der gleichbleibenden Zusammensetzung der Schutt- oder Tiefquellen.

Bei Ueberlaufquellen findet man sehr oft auffallende Veränderungen in der Beschaffenheit des Wassers. Das Wasser, das sich nach Art von Grundwasser im Gestein allmählich angesammelt und unter Umständen auch durch Sedimentierung noch weiter gereinigt hat, ist gleichmäßig zusammengesetzt, klar und kühl. Ueber seine Oberfläche hinweg tritt dann aber, wenn oberhalb zerklüftete, durchlässige Schichten liegen, vielfach ungenügend filtriertes, getrübtes und wärmeres Oberflächenwasser hinweg.

4. Oberflächenwasser.

Das sogenannte Oberflächenwasser, d. h. das den Flußläufen und Seen zufließende oder in Gräben, Sümpfen und Teichen stagnierende Niederschlagswasser, dem sich hier und dort noch das Wasser von Quellen oder auch Grundwasser beimischt, ist deswegen von so äußerst verschiedener Beschaffenheit, weil sich hier die mannigfachsten Gelegenheiten zur Verunreinigung bieten, und weil sich je nach dem Grade und der Art der letzteren, nach der Menge des Wassers, seiner Bewegung und seiner Selbstreinigungskraft die Zusammensetzung ständig ändert. Das Wasser der Gebirgsbäche ist naturgemäß reiner, als dasjenige großer Flüsse, die Dörfer und Städte passiert und alle möglichen Arten von Abwässern aus ihnen aufgenommen haben, und auch in seiner Zusammensetzung mit dem Wasser von Seen nicht vergleichbar. Aber immerhin sind für die Frage, inwieweit solches Wasser für die Versorgung des Menschen brauchbar ist, im großen und ganzen die gleichen Gesichtspunkte maßgebend, sodaß eine gemeinsame Beurteilung angebracht erscheint.

Oberflächenwasser ist in der Regel im Vergleich zum Grundwasser ärmer an Kohlensäure und infolgedessen ärmer an kohlensauren Erdalkalien, also weicher. Es ist reich an suspendierten Bestandteilen organischer und anorganischer Natur und namentlich reich an gelösten organischen Substanzen. Zahlreiche Arten pflanzlicher und tierischer Lebewesen und, je nach dem Grade der Verunreinigung, von Mikroorganismen leben in ihm und bedingen in ihren Wechselwirkungen mannigfache Zersetzungen.

Die gelösten und suspendierten Bestandteile geben dem Wasser je nach ihrer Art und Menge häufig eine besondere Färbung und ein unappetitliches Aussehen. Die Temperatur ist von der Menge und

Tiefe des Wassers, der Färbung des Untergrundes, der Sonnenbestrahlung und der Höhe der Lufttemperatur in hohem Grade abhängig.

Das Wasser der Bäche weist, solange diese in unbewohnten waldigen Gegenden fließen, verhältnismäßig wenig Verunreinigungen auf und ist auch nach seiner Zusammensetzung von vornherein für Trink- und Hausgebrauchszwecke nicht ungeeignet. Es wird aber schon durch stärkere Regengüsse ungünstig beeinflußt, die von der Bodenoberfläche allerhand Unrat in die Bachläufe hineinspülen. Sobald die Bäche Zuflüsse aus einzelnen Gehöften oder Ortschaften und von gedüngten Feldern erhalten, ist ihr Wasser als verdächtig anzusehen und ohne gründliche Reinigung zur Wasserversorgung des Menschen nicht brauchbar.

Das Wasser von Landseen ist ebenfalls nur dann verhältnismäßig rein, wenn diese in unbewohnten Gegenden liegen, keine stark verunreinigenden Zuflüsse erhalten und von Schiffen nicht befahren werden. Die suspendierten Bestandteile setzen sich in diesem Falle fast vollständig ab. Wasserproben, die in genügender Entfernung vom Ufer entnommen werden, erweisen sich bei der bakteriologischen Untersuchung als keimarm und sind auch nach ihren chemischen Eigenschaften nach keiner Richtung hin zu beanstanden. Ebenso liegen die Verhältnisse bei den künstlich angelegten Talsperren, die das Niederschlagswasser aus größeren Gebieten in kolossalen Reservoiren ansammeln. Sie führen nur dann, wenn das Niederschlagsgebiet frei von Ansiedlungen und menschlichem Verkehr ist, wenn Zuflüsse verschmutzten Oberflächenwassers ausgeschlossen werden und die Masse des Stauwassers so groß ist, daß die suspendierten Stoffe sich gut absetzen können, ein von vornherein unverdächtiges Wasser.

Oberflächenwasser, bei dem diese Bedingungen nicht zutreffen, vor allem das Wasser von Flüssen, die bewohnte Bezirke passiert und aus ihnen allerhand bedenkliche Zuflüsse aufgenommen haben, ist mehr oder weniger verschmutzt. Muß solches Wasser zur Versorgung herangezogen werden, so ist es an Stellen zu entnehmen, wo nach dem Ergebnis einer eingehenden Besichtigung angenommen werden kann, daß der Fluß vermöge seiner Selbstreinigung den größten Teil der Schmutzstoffe abgesetzt und frische Verunreinigungen auf einer weiteren Strecke zuletzt nicht mehr aufgenommen hat. Auch dann muß aber das Wasser zunächst wirksamen Reinigungsprozessen unterworfen werden, ehe es unbedenklich für Trink- und Gebrauchszwecke abgegeben werden kann.

2. Kapitel.

Welche Anforderungen sind an ein Trink- und Hausgebrauchswasser zu stellen und welche Gesichtspunkte sind für dessen Auswahl maßgebend?

Das Wasser, das zu Trinkzwecken oder im Hausgebrauch des Menschen zur Zubereitung der Speisen, zum Reinigen des Geschirrs, zum Waschen und Baden und zu sonstigen Zwecken benutzt wird, kann zu Gesundheitsstörungen Veranlassung geben, wenn es von nicht einwandfreier Beschaffenheit ist. Es müssen daher bestimmte Bedingungen erfüllt sein, wenn ein Wasser als geeignet zur Versorgung des Menschen bezeichnet werden soll. Die Anforderungen beziehen sich nicht nur auf die Eigenschaften des Wasser an sich, sondern auch auf die Beschaffenheit der Wasserversorgungsanlage und deren Ergiebigkeit. Sie müssen für Trink- und Hausgebrauchswasser die gleichen sein, weil auch mit letzterem der Mensch in häufige und innige Berührung kommt, und erfahrungsgemäß auch durch schlechtes Hausgebrauchswasser Krankheitskeime übertragen werden können.

Ein einwandfreies Trinkwasser soll nach Gärtner (1)

1. frei sein von Krankheitserregern und solchen Stoffen, die die Gesundheit zu schädigen geeignet sind,

2. die Sicherheit bieten, daß es solche auch in späterer Zeit nicht aufnehme,

3. gleichmäßig kühl, klar, möglichst farblos, frei von fremdartigem Geschmack und Geruch, kurz von solcher Beschaffenheit sein, daß es gern genossen wird,

4. in reichlicher Menge vorhanden und billig sein.

Zu 1 und 2. Die Feststellung, daß gesundheitsschädliche Lebewesen und Stoffe bei der Prüfung des Wassers in ihm zeitweilig nicht vorhanden sind, genügt für dessen Zulassung zum Gebrauch des Menschen nicht. Es ist vielmehr ihre dauernde Abwesenheit zu fordern. Diese ist nur dann gewährleistet, wenn die Sicherheit geboten wird, daß solche Stoffe in das Wasser entweder überhaupt nicht hineingelangen können oder, falls sie sich nicht ganz vermeiden lassen, was z. B. bei der Benutzung vieler Oberflächenwasser der Fall ist, daß sie dann mit Sicherheit völlig oder bis zu einem geringen, keine nennenswerte Gefahr mehr bietenden Grade wieder entfernt werden.

Daß die Erreger des Typhus und der Cholera sehr häufig durch Wasser übertragen werden, ist allgemein bekannt. Wenn das Wasser eines Flußlaufes, der durch die Darmentleerungen von Cholerakranken verseucht

ist, oder das Wasser eines Brunnens, über dessen schadhafter Abdeckung die Wäsche Typhuskranker gewaschen wurde, als Trinkwasser benutzt wird, dann folgen dem Genuß fast stets Erkrankungen unter den Konsumenten. Auch Infektionen durch Badewasser und durch Hausgebrauchswasser sind mehrfach einwandfrei festgestellt worden. Zu letzteren gehören beispielsweise Typhusepidemien, die auf die Verunreinigung von Milch in Kannen zurückgeführt werden mußten, die mit typhusbazillenhaltigem Wasser gespült waren.

Choleravibrionen halten sich, wie experimentell festgestellt wurde, in Brunnen- und Leitungswasser unter Umständen mehrere Tage lang lebens- und infektionsfähig. In dem an organischen Substanzen und sonstigen Nährstoffen reichen Wasser der Flüsse und Seen kann man sogar, wenn die Temperaturbedingungen günstig sind und die Konkurrenz der Wasserbakterien nicht eine frühe Vernichtung bedingt, mit einer wesentlich längeren Resistenz rechnen.

Aehnlich liegen wohl die Verhältnisse für den Typhusbazillus, der in reinem Brunnen- und Leitungswasser durch Mangel an Nährstoffen verhältnismäßig bald zugrunde geht, im Schlamm oder stark verunreinigtem Material, wie man es an den Wänden schlechter Kesselbrunnen so oft findet, aber längere Zeit hindurch lebensfähig bleiben kann. Für den Paratyphusbazillus gilt das Gleiche.

Auch die Ruhrbazillen, die an Nährsubstrate sehr geringe Anforderungen stellen, werden zweifellos nicht selten durch Wasser übertragen. So berichtet Shiga, daß unter den Einwohnern eines japanischen Dorfes vier Tage, nachdem diese zu Hunderten zum Fischen und Schwimmen in den bis dahin gesperrten Fluß gegangen waren, eine ausgedehnte Ruhrepidemie explosionsartig ausbrach. Es wurde festgestellt, daß oberhalb jener Stelle die Wäsche von mehreren Dysenteriekranken im Flusse gewaschen worden war. Ferner hat man auch die Weilsche Krankheit und das gehäufte Auftreten von Brechdurchfallerkrankungen vielfach auf den Genuß schlechten Trinkwassers zurückgeführt, das sich bei der Untersuchung als stark bakterienhaltig erwies.

Milzbrand kann unter Umständen ebenfalls durch Vermittelung des Wassers verbreitet werden. Wenn Bach- oder Flußläufen Abwässer von Gerbereien, die sehr oft Milzbrandsporen enthalten, ungereinigt zugeführt werden, so kann Vieh, welches mit solchem Wasser getränkt wird, an Milzbrand erkranken. Da sich die Milzbrandsporen außerordentlich lange in der Außenwelt infektionsfähig halten, kann auch das Gras der Wiesen, die mit solchem Wasser zeitweise überschwemmt

werden, Fütterungsmilzbrand hervorrufen. Derartige Uebertragungen sind mehrfach beschrieben worden.

Es gelingt allerdings verhältnismäßig selten, durch die bakteriologische Untersuchung die Infektionserreger im Wasser nachzuweisen. Dies liegt hauptsächlich daran, daß die Untersuchung meist zu spät einsetzt. Veranlassung zu ihr wird erst durch das Auftreten von Krankheitsfällen gegeben, die auf den Genuß des Wassers zurückgeführt werden. Während der langen Inkubationsdauer sind aber die Krankheitserreger in dem angeschuldigten Wasser meist schon zu Grunde gegangen, wenn nicht Gelegenheit zu erneuter Verseuchung gegeben war. Außerdem ist die Unvollkommenheit unserer Untersuchungsmethoden hier von großer Bedeutung. Wir besitzen für den Nachweis von Typhus- und Ruhrbazillen im Wasser kein Verfahren, das uns mit der gleichen Sicherheit wie das Kochsche Peptonwasserverfahren für Choleravibrionen, die kulturelle Verarbeitung größerer Wassermengen und eine spezifische Anreicherung der in ihm etwa vorhandenen Bazillen ermöglicht.

Wenn von einem verseuchten Wasser, beispielsweise aus einem durch Typhusdejekte infizierten Kesselbrunnen, zahlreiche Personen getrunken haben, so setzen auch die Erkrankungen nach Ablauf der Inkubationszeit ziemlich gleichmäßig ein. Die Zugänge werden sich auf wenige Tage beschränken und dann, vorausgesetzt, daß die gleiche Infektionsquelle später nicht mehr in Betracht kam, sehr bald aufhören. Das charakteristische Erkennungszeichen der Wasserepidemien ist also der steile Anstieg und das schnelle Sinken der Kurve, die man bei Eintragung der an den einzelnen Tagen aufgetretenen Krankheitsfälle erhält. Die Ausscheidung der sich bei fast allen größeren Wasserepidemien anschließenden Kontaktinfektionen wird bei sorgfältiger Ermittelung und richtiger Verwertung der epidemiologischen Erfahrungen meist keine Schwierigkeiten bereiten.

Wo Leitungswasser als Träger des Ansteckungsstoffes angeschuldigt wird, wird man durch genaue Ermittelung der Entnahmestellen, aus denen die Erkrankten das Wasser geschöpft haben, und Vergleich der zu ihnen in Beziehung gebrachten Krankheitsfälle feststellen können, ob sich das Versorgungsgebiet der Leitung oder einzelner Rohrabschnitte derselben mit der räumlichen Ausbreitung der Seuche deckt.

Als klassisches Beispiel einer auf zentrale Versorgung zurückzuführenden Trinkwasserepidemie kann für alle Zeiten der bekannte explosionsartige Ausbruch der Cholera in Hamburg-Altona im Jahre 1892 gelten.

Eine Paratyphusepidemie, die durch Verseuchung der Wasserleitung in einer Kaserne verursacht wurde, hat Priefer (9) beschrieben.

Der erste Kranke hatte sich während eines Urlaubs eine Paratyphusinfektion zugezogen und erkrankte nach seiner Rückkehr zur Truppe. Von dem von ihm benutzten Spülabtritt waren seine Entleerungen infolge einer Verstopfung des Fallrohrs durch das Mauerwerk gesickert und an einer Stelle, an der die neben dem Fallrohr verlaufende Wasserleitung einen Rohrbruch aufwies, infolge negativen Druckes in letztere eingesaugt worden. Der negative Druck in der Leitung, deren Wasserbehälter in gleicher Höhe mit den oberen Stockwerken der Kaserne lag, erreichte dann höhere Grade, wenn der Wasserverbrauch in der Kaserne stundenweise, wie z. B. beim Baden der Mannschaften, ein sehr großer war. Dies ließ sich nachträglich durch Versuche mittels Ansaugung von Farbstofflösungen beweisen. Es gelangten also zeitweise mit dem angesaugten Spülwasser des Aborts Paratyphusbazillen in die Wasserleitung. Je nach der größeren oder geringeren Entfernung der Hydranten von der Rohrbruchstelle mußte der Grad der Verseuchung des aus ihnen entnommenen Trinkwassers bei gleichmäßiger Entnahme ein verschiedener sein. Es ließ sich denn auch feststellen, daß von denjenigen Leuten, die aus dem nächstgelegenen Druckständer ihr Wasser holten, entsprechend mehr infiziert wurden als von denen, die aus dem zweiten Druckständer schöpften, und von diesen wieder mehr, als von den auf den dritten Druckständer angewiesenen.

Infektionen durch Quellwasser sind ebenfalls schon oft einwandfrei festgestellt worden. Gärtner (8) beschreibt eine ganze Reihe derartiger Epidemien und führt als besonders lehrreich diejenige des Ortes Lausen an. Hier erfolgte eine größere Typhusepidemie unmittelbar nach einer Verschmutzung des Quellwassers, die sich regelmäßig zeigte, wenn das Wasser eines Baches zur Bewässerung von Wiesen abgeleitet wurde, die etwa 1 km von der Quelle entfernt lagen und durch eine große Schutthalde von ihr getrennt waren. Es ließ sich feststellen, daß in diesen Wiesen, sehr nahe dem Bach, früher ein Erdsturz vorhanden war, und daß von hier aus das Bachwasser durch Risse im Kalkgestein die Schutthalde durchquerte und sich dem Quellwasser beimengte. Dicht oberhalb der Wiesen lag ein Gehöft, in dem zu jener Zeit mehrere frische Typhusfälle aufgetreten waren, während sonst die Umgebung typhusfrei war. Die Fäkalien der Kranken waren auf dem Dunghaufen ausgeschüttet, der mit dem nur wenige Schritte vom Hause entfernten Bach deutlich sichtbare Verbindung hatte; die Nachtgeschirre und die Wäsche der Kranken wurden im Bach gereinigt.

Als Beispiel einer Brunnenepidemie seien schließlich noch kurz die Typhuserkrankungen erwähnt, die Pfeiffer (10) im Jahre 1896 in Zehdenick a. H. beobachten konnte. Hier waren in das Innere eines Kesselbrunnens, dessen Wände sehr undicht waren, aus dem dicht neben und zum Teil über ihm gelegenen Rinnstein unreine Zuflüsse eingetreten. In letzteren waren vor einem nahe gelegenen Hause mehrfach die Dejekte zweier typhuskranker Kinder gegossen worden, die nun mit dem übrigen Schmutzwasser zusammen dem Brunnen zuströmten. Nach einer Zeit, die der Inkubationsdauer des Typhus, von der mutmaßlichen Verseuchung des Brunnens an gerechnet, durchaus entspricht, trat unter der Einwohnerschaft des Ortes plötzlich eine große Anzahl von Typhuserkrankungen auf, die ausschließlich die Familien betraf, die ihr Wasser aus jenem Brunnen bezogen hatten. Von den 303 Bewohnern dieser Häuser bekamen 94 einen schweren Typhus, die Zahl der leichten Erkrankungen wird wohl noch größer gewesen sein. Der übrige Teil des Ortes blieb von der Seuche völlig verschont.

Inwieweit auch krankheitserregende Protozoen durch Wasser auf den Menschen übertragen werden können, darüber liegen umfangreichere Erfahrungen noch nicht vor. Für die Verbreitung der Amöbenruhr schreibt Kartulis dem Trinkwasser eine sehr bedeutungsvolle Rolle zu.

Außer pathogenen Bakterien und Protozoen können auch tierische Krankheitserreger durch Wasser dem Menschen zugeführt werden. Bekannt ist die Bedeutung, die dem Wasser für die Ausbreitung der Anchylostomiasis zukommt. Ferner werden mitunter Eier von Oxyuris vermicularis, Ascaris lumbricoides, Trichocephalus dispar, Distoma hepaticum und haematobium, sowie die Larven der Filaria medinensis und der Filaria hominis durch verseuchtes Trinkwasser zu Erkrankungen des Menschen führen können.

Giftige Stoffe, die im Wasser vorhanden sind, bedingen im allgemeinen selten Gesundheitsstörungen. Bakteriengifte und Fäulnisstoffe mannigfacher Art, denen man früher Bedeutung beilegte, kommen kaum in Frage, weil sie selbst in stärker verunreinigtem Trinkwasser nur in sehr starken Verdünnungen vorkommen.

Häufiger treten Vergiftungserscheinungen bei Menschen auf, die längere Zeit hindurch bleihaltiges Wasser trinken. Wenn zu Wasserleitungen Bleiröhren verwendet werden, so kann aus ihnen erfahrungsgemäß durch ein weiches oder salpetersaure Salze enthaltendes Wasser Blei in Lösung gehen. Bei zeitweiligem Wassermangel wird der Lösungsprozeß, wenn Luft in die Hausleitungen eintritt, noch be-

sonders gefördert. Inwieweit die freie Kohlensäure und sonstige im Wasser gelöste Salze den Bleiangriff begünstigen, diese Frage ist noch nicht genügend geklärt.

Ein gehäuftes Auftreten von Bleivergiftungen durch Trinkwasser ist in der Literatur mehrfach beschrieben worden. So erkrankten nach Fortner in einer Arbeiterkolonie, die ihr Wasser mittels eines Bleirohres aus der Hauptleitung des Ortes erhielt, 2—4 Monate nach Ausführung des Anschlusses 17 Personen (= 63 pCt. der Konsumenten) an Bleivergiftung. Die Analyse des Wassers ergab 17,5 mg Bleioxyd im Liter und starke Reaktion auf salpetrige Säure.

Zu 3: Die Forderung, daß Trinkwasser gleichmäßig kühl, klar, möglichst farblos und frei von fremdartigem Geschmack und Geruch sein soll, ist dadurch begründet, daß nur ein solches Wasser zum Genuß anregt und mit Appetit genossen werden kann.

Die Temperatur ist von wesentlichem Einfluß auf die erfrischende Wirkung des Wassers. Sie soll nicht viel von der mittleren Jahrestemperatur des Ortes abweichen und möglichst zwischen 7 und 11° C. liegen.

Unklares oder gefärbtes Wasser erweckt von vornherein den Verdacht der Verunreinigung und wird von vielen Personen als ungenießbar oder wenigstens als unappetitlich zurückgewiesen. Dasselbe gilt für besondere Geruchs- und Geschmackseigentümlichkeiten des Wassers. Es gibt allerdings Fälle, in denen geringe Trübungen, Färbungen und Eigenarten des Geschmacks und Geruchs auch bei gesundheitlich einwandfreiem Wasser vorkommen. Der Konsument vermag sie aber nur selten richtig zu beurteilen, und es muß daher verlangt werden, daß nach Möglichkeit das Wasser von diesen Schönheitsfehlern befreit wird.

Zu 4: Die letzte der eingangs erwähnten Anforderungen an ein gutes Trink- und Hausgebrauchswasser bezieht sich auf die Menge und den Preis, die für den ausgiebigen Gebrauch des Wassers von großer Bedeutung sind. Ist einwandfreies Wasser in genügenden Mengen nicht vorhanden, so muß, was namentlich bei zeitweiliger geringerer Ergiebigkeit von Quellwasserversorgungsanlagen im Hochsommer häufig vorkommt, auf minderwertigeres Wasser zurückgegriffen werden. Durch einen derartigen Notbehelf sind schon oft Trinkwasserepidemien verursacht worden.

Mit vollem Recht muß daher bei der Einrichtung von Wasserversorgungsanlagen die Forderung aufgestellt werden, daß für die Gegenwart und eine nicht zu ferne Zukunft unter Berücksichtigung

der voraussichtlichen Zunahme der Bevölkerung, der voraussichtlichen Entwickelung der Industrie usw. stets, d. h. zu jeder Tages- und zu jeder Jahreszeit und unter allen Umständen eine genügende Menge von einwandfreiem oder, wenn das durchaus nicht möglich sein sollte, mindestens von vor Infektionen sicher geschütztem Wasser vorhanden sei. Damit über die Menge des verfügbaren Wassers volle Klarheit herrsche, sind vor der endgültigen Wahl der Versorgungsart entsprechende Beobachtungen zu wasserarmen Zeiten in ausreichendem Maße und hinreichend lange anzustellen. Die auch heute an manchen Orten noch geübte Maßnahme, bei nicht ausreichender Ergiebigkeit die Wasserabgabe auf bestimmte Tageszeiten zu beschränken, ist vom Standpunkte der Gesundheitspflege durchaus zu verwerfen.

Nach Möglichkeit soll alles Wasser, das im Hause und in der Stadt gebraucht wird, einer einheitlichen Versorgungsanlage entstammen. Zwingen aber besondere Verhältnisse, wie sie z. B. in der Begrenzung der Ergiebigkeit von zentralen Versorgungsanlagen oder im hohen Preise ihres Wassers gegeben sein können, von diesem Grundsatze abzugehen, so müssen wenigstens für das Trink- und Hausgebrauchswasser die oben aufgestellten Anforderungen in vollem Umfange aufrecht erhalten werden.

Unter diesen Umständen muß die Einrichtung besonderer Anlagen, z. B. von Brunnen, für Wasser, das ausschließlich Betriebszwecken dienen soll, zugestanden werden. Als Betriebswasser ist anzusehen das Wasser, das zum Sprengen von Straßen und Gärten, zu Feuerlöschzwecken, zum Speisen von Kesseln, zur Verwendung in gewissen Industriebetrieben, zum Waschen von Fahrzeugen usw. benutzt wird. Auch für solches Wasser und für seine Gewinnung ist zu verlangen, daß eine Verseuchung und eine Verseuchungsgefahr ausgeschlossen ist, weil der Mensch auch mit ihm oft in so innige Berührung kommt, daß hierdurch eine Uebertragung von Krankheiten vorkommen kann. Aber bezüglich der physikalischen und chemischen Eigenschaften können an ein Wasser, das ausschließlich zu Betriebszwecken dienen soll, geringere Anforderungen gestellt werden.

Ueber die Höhe des Wasserbedarfs für die verschiedenen Gebrauchszwecke gehen die Ansichten heute vielfach noch weit auseinander. Nachstehend sind die Mengen angegeben, die [nach Proskauer (4)] vom Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern auf Grund eingehender Ermittelungen als Durchschnittswerte in Vorschlag gebracht worden sind. Sie können vom Standpunkt der Gesundheitspflege als völlig ausreichend angesehen werden.

A. Privatgebrauch.

1. Gebrauchswasser in Wohnhäusern für jeden Bewohner und Tag:
   a) zum Trinken, Kochen, Reinigen usw. 20—30 Liter,
   b) zur Wäsche 10—15 Liter;
2. Abortspülung, einmalig, 8—15 Liter;
3. Pissoirspülung:
   a) intermittierend für jeden Stand stündlich 30 Liter,
   b) kontinuierlich für den laufenden Meter Spülrohr stündlich 200 Liter;
4. Bäder:
   a) ein Wannenbad 350 Liter,
   b) ein Sitzbad 30 Liter,
   c) einmalige Brause oder Strahldouche 40—80 Liter;
5. Besprengung von Gärten, Höfen und Bürgersteigen an einem trockenen Tage auf den Quadratmeter einmal besprengter Fläche 1,5 Liter;
6. Tränken und Reinigen eines Pferdes (ohne Stallreinigung): täglich 50 Liter;
7. Reinigung eines zum Personentransport dienenden Wagens: täglich 200 Liter.

B. Oeffentliche Anstalten.

1. Schulen: auf jeden Schüler und Schultag, ohne Zerstäubung für Luftbefeuchtung, 2 Liter;
2. Kasernen:
   a) auf jeden Mann und Verpflegungstag 40 Liter,
   b) auf jedes Pferd 50 Liter;
3. Kranken- und Versorgungshäuser: auf jede Person und jeden Verpflegungstag 250—650 Liter;
4. Gasthöfe: auf jede Person und jeden Verpflegungstag 100 Liter;
5. Badeanstalten mit nur Wannen- und Douchebädern: auf jedes Bad 500 Liter;
6. Waschanstalten: auf 100 kg Wäsche 800 Liter;
7. Schlachthäuser: auf jedes geschlachtete Stück Vieh 300 bis 400 Liter.

C. Gemeindezwecke.

1. Straßenbesprengung: auf jeden Quadratmeter einmal besprengter Fläche:
   a) gepflasterte Straßen 1 Liter,
   b) chaussierte Straßen 1,5 Liter;
2. Oeffentliche Gartenanlagen: an einem trockenen Tage auf jeden Quadratmeter einmal begossener Fläche 1,5 Liter;

3. Oeffentliche Ventilbrunnen ohne ständigen Abfluß: für jeden Auslauf und Tag 3000 Liter;

4. Oeffentliche Pissoire:

a) intermittierende Spülung für jeden Stand stündlich 60 Liter,

b) dauernde Spülung auf den laufenden Meter Spülrohr stündlich 200 Liter.

D. Badeanstalten.

Für ein Wannenbad mit Spülung und Reinigung: 500—600 Liter stündlich, eine Brause darüber 70—100 Liter, eine Brause im Schwimmbad 500—600 Liter, eine Brause in Volksbädern 350—400 Liter, ein Reinigungsbad im Schwimmbad 400—800 Liter stündlich. — Schwimmbad: tägliche Erneuerung auf jeden Quadratmeter 2,5 cbm.

Der Gesamtwasserverbrauch schwankt naturgemäß mit der Jahres- und der Tageszeit. Nach den gleichen Ermittelungen stellt er sich gegenüber dem Monatsmittel, auf 100 berechnet: im Januar auf 93,08, im Februar auf 93,10, im März auf 94,70, im April auf 101,40, im Mai auf 102,32, im Juni auf 107,91, im Juli auf 107,96, im August auf 105,91, im September auf 105,29, im Oktober auf 96,85, im November auf 97,65 und im Dezember auf 94,62.

Als größter Tagesverbrauch im Jahre kann nach v. Esmarch (5) die anderthalbfache Menge des durchschnittlichen Tagesverbrauchs, als größter Stundenverbrauch am Tage des höchsten Tagesverbrauchs etwa 8 pCt. des letzteren angenommen werden.

3. Kapitel.

Die Untersuchung des Wassers und die Beurteilung ihrer Ergebnisse.

A. Untersuchungsmethodik.

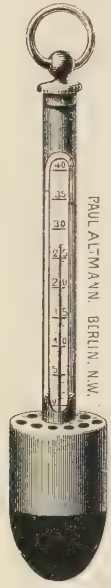
1. Die physikalische Untersuchung.

Die Untersuchung eines jeden Wassers soll mit der Prüfung der Temperatur, der Klarheit (Durchsichtigkeit) und der Farbe, des Geruchs und Geschmacks sowie der Reaktion beginnen. Diese ist möglichst an der Entnahmestelle selbst vorzunehmen, weil sich schon durch kurzdauernden Transport der Proben in das Laboratorium Veränderungen der ursprünglichen Beschaffenheit des Wassers einstellen können.

Zur Feststellung der Temperatur sind geprüfte Thermometer zu verwenden, die in halbe Grade eingeteilt sind. Gleichzeitig ist die Luftwärme zu messen, denn der Vergleich dieser mit der

Wassertemperatur wird, wenn die Messungen zu verschiedenen Jahreszeiten stattfinden, sehr oft eine wichtige Handhabe für die Beurteilung der Herkunft eines Wassers, besonders bei Quellwasserprüfungen, bieten. Für die Ermittelung der Temperatur des Wassers in Brunnenschächten oder sonstigen Wasseransammlungen sind besondere Thermometer angegeben, deren Quecksilbergefäß mit einem Metallbecher umgeben ist, der sich mit Wasser füllt und ein schnelles Sinken der Quecksilbersäule beim Herausziehen des Thermometers verhindert (Abb. 106). Die Zentimetereinteilung der Schnur, an der das Instrument herabgelassen wird, gestattet ein genaues Ablesen der Tiefe, in der das Wasser die festgestellte Temperatur aufwies.

Abbildung 106.



Tiefenthermometer.

Pumpbrunnen sind vor Feststellung der Temperatur ihres Wassers und der darauf folgenden Entnahme von Untersuchungsproben mindestens $^1/_4$ Stunde lang abzupumpen, weil das in den Rohren stehende Wasser gegenüber dem später geförderten vielfach große Verschiedenheiten zeigt. Ebenso muß man aus Leitungsröhren zunächst längere Zeit das Wasser abfließen lassen, wenn man ein sicheres Urteil gewinnen will. Eine Ausnahme von der letztgenannten Forderung ist nur dann geboten, wenn etwaige schädliche Stoffe, die aus den Röhren stammen könnten, z. B. Blei, vermutet werden. Diese werden sich in den zuerst ausfließenden Wassermengen, die längere Zeit in dem Rohrnetz gestanden haben, natürlich leichter feststellen lassen.

Die Durchsichtigkeit einer Wasserprobe beurteilt man am einfachsten dadurch, daß man von 2 gleichen hohen Zylindern, die aus weißem Glase gefertigt sind, den einen mit dem zu untersuchenden Wasser, den andern mit destilliertem Wasser füllt und von oben her gegen eine weiße Unterlage durch die gleich hohen Wasserschichten vergleichend hindurchschaut. Auch bei seitlich durchfallendem Licht soll das Wasser betrachtet werden. Man wird auf diese Weise ein genügendes Urteil darüber fällen können, ob das Wasser als klar, schwach opalisierend, opalisierend, schwach trübe, trübe oder stark trübe zu bezeichnen ist. Für genauere Durchsichtigkeitsbestimmungen, die besonders z. B. für die Bestimmung des Gehalts eines Flußwassers an Schwebestoffen notwendig sind, sind besondere Zylinder angegeben, deren Wand eine Zentimeterskala zeigt. Man läßt durch den am

unteren Ende befindlichen Ausfluß so viel Wasser austreten, bis man die unter den flachen Boden gelegte Schriftprobe (Snellen Nr. 1) lesen kann. Die Höhe der in dem Zylinder zurückgebliebenen Flüssigkeitsschicht, in Zentimetern ausgedrückt, wird als Durchsichtigkeitsgrad bezeichnet. Die Prüfung ist schnell auszuführen, damit die suspendierten Bestandteile sich aus dem vorher gut durchzuschüttelnden Wasser nicht am Boden und an den Wandungen des Glases absetzen können.

Für gewöhnliche Fälle wird bei Flußwasser auch das horizontale Eintauchen weißer Scheiben (z. B. Porzellanteller) genügen und die Feststellung, in welcher Tiefe unter dem Wasserspiegel diese noch zu erkennen sind.

Die Farbe des Wassers wird man bei der Durchsichtigkeitsprüfung gleichzeitig bestimmen können, wenn man die seitlich auffallenden Lichtstrahlen abblendet. Die Schwebestoffe muß man durch Absetzenlassen entfernen, wenn man die Farbwirkung der gelösten Substanzen feststellen will.

Der Geschmack des Wassers tritt deutlicher hervor, wenn man die Probe vor der Untersuchung auf 20° C erwärmt. Die Geschmacksprüfung ist zu unterlassen, wenn das Wasser als infektionsverdächtig anzusehen ist.

Den Geruch prüft man am zweckmäßigsten an einer auf 50° erwärmten Wasserprobe, die man in einem größeren halbgefüllten Kolben hin und her schwenkt. Wird auf Grund der Geruchsprobe die Anwesenheit von Schwefelwasserstoff vermutet, so kann man diesen gegebenenfalls dadurch deutlicher in Erscheinung treten lassen, daß man etwas Kupfersulfatlösung hinzufügt. Auftreten einer bräunlichen Färbung und Verschwinden des Geruchs — durch Bildung von Schwefelkupfer — bestätigt die Vermutung. Ein Modergeruch bleibt dabei unverändert [Lehmann (6)].

Die Reaktion des Wassers wird durch Eintauchen je eines Streifens von rotem und blauem Lackmuspapier bestimmt. Erst wenn die Streifen, die sich nicht berühren dürfen, 5—10 Minuten lang mit dem Wasser befeuchtet sind, soll nach der Veränderung ihrer Farbe die Reaktion abgelesen werden, weil die meisten Wässer gegen Lackmus anfangs neutral reagieren und die in ihnen enthaltenen Kalzium- und Magnesiumkarbonate erst nach und nach auf den Indikator einwirken.

In neuerer Zeit wird vielfach auch die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit zur Beurteilung des Wassers herangezogen. Der Widerstand schwankt beispielsweise bei natürlichen Brunnenwässern unter normalen Verhältnissen nur innerhalb weniger Ohm; treten aber Schmutzwässer hinzu, so wird das Widerstands-

vermögen des Wassers beträchtlich verringert infolge des Gehaltes an Salzen, die durch ihr hohes Dissoziationsvermögen starke Leiter für den elektrischen Strom sind. Die Widerstandsbestimmung läßt sich durch besondere Apparate (Wheatstone- bzw. Kohlrausch-Kirchhoffsche Brücke) in wenigen Minuten ausführen und ermöglicht somit z. B. eine regelmäßige Kontrolle des Wassers einzelner Brunnen oder Filter bei zentralen Anlagen. Erhebliche Schwankungen im Leitungswiderstand weisen auf Unregelmäßigkeiten hin und machen eine genaue chemische und bakteriologische Untersuchung des Wassers notwendig.

2. Die chemische Untersuchung

von Wasserproben wird im Frieden in der Regel in der chemischen Abteilung der hygienisch-chemischen Untersuchungsstellen oder in den Lazarettapotheken, im Kriege durch die Oberapotheker bei den Sanitätskompagnien oder den Feldlazaretten ausgeführt.

Zur genauen chemischen Untersuchung eines Wassers sind 1 bis 2 Liter erforderlich. Die Proben sind in völlig reine, mehrmals mit dem zu untersuchenden Wasser ausgespülte Glasgefäße zu füllen und diese am besten mit passenden Glasstopfen, sonst mit neuen Korkstopfen zu verschließen, die vorher mit dem zu untersuchenden Wasser gründlich gewaschen worden sind. Eine Füllung bis an den Stopfen ist zu vermeiden, damit die Gefäße während des Transports im Sommer bei Ausdehnung des Wassers durch die Wärme nicht platzen. Die Proben sind, mit den nötigen Angaben über die Ergebnisse der schon an der Entnahmestelle vorgenommenen Prüfung (Temperatur, Durchsichtigkeit, Geruch und Geschmack, Reaktion usw.) versehen, sofort dem Untersucher zuzustellen und von diesem alsbald nach dem Eintreffen zu verarbeiten.

Die im Folgenden für die Untersuchung auf organische Stoffe, Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak und Chlor, sowie für die Härtebestimmung angegebenen Verfahren sind die in Anlage I zur K. S. O. vorgeschriebenen. Die diesbezüglichen Angaben beziehen sich auf die Reagentien und Geräte des sog. „kleinen Reagentienkastens", der nach Anlage XII C 87 der K.S.O. außer einem Abdruck der Untersuchungsvorschriften folgenden Inhalt hat:

a) 1 runde Flasche zu 50 ccm, enthaltend 50 g Acid. nitr. (1,153 spez. Gew.),
b) 1 „ „ „ 100 ccm, „ 100 g Acid. oxalic. solut. ($^1/_{100}$ norm.),
c) 1 „ „ „ 50 ccm, „ 50 g Acid. sulf. (1,84 spez. Gew.),
d) 1 „ „ „ 50 ccm, „ 50 g Ammon. chlor. sol. (0,004 g Ammoniak in 1 Liter),

e) 1 runde Flasche zu 50 ccm, enthaltend 50 g Argent. nitr. sol. (1 : 20),
f) 1 „ „ „ 50 ccm, „ 50 g Brucin. sol. (1 : 800),
g) 1 „ „ „ 100 ccm, „ 100 g Kal. chlorat. sol. (0,03 g Chlor in 1 Liter),
h) 1 „ „ „ 50 ccm, „ 50 g Kal. nitricum sol. (0,04 g in 1 Liter),
i) 1 „ „ „ 50 ccm, „ 50 g Kal. nitrosum sol. (0,0024 g in 1 Liter),
k) 1 „ „ „ 100 ccm, „ 100 g Kal. permangan. sol. ($^1/_{100}$ norm.),
l) 1 „ „ „ 100 ccm, „ 100 g Sapo kalino-oleaceus sol. (2,4 ccm zersetzen 8,8 mg Calc. carbon.),
m) 1 „ „ „ 50 ccm, „ 50 g Solutio Nessleri,
n) 1 „ „ „ 50 ccm, „ 50 g Zinc. jodat. sol. cum Amylo (1 : 50),
o) blaues und rotes Lackmuspapier in schmalen Streifen,
p) 3 Glasstäbe, 10 cm lang, davon 1 zugespitzt,
q) 1 Kochkolben, 150 ccm fassend,
r) 1 Platinblech, 5 cm lang, 3 cm breit,
s) 1 Porzellanschale mit Ausguß,
t) 6 Reagiergläser verschiedener Größe,
u) 1 Reagierglas von starkem Glase mit Ausguß, bis 25 ccm geteilt in ccm,
v) 1 Gestell für 12 Reagiergläser,
w) 1 Stehzylinder von Glas mit Glasstopfen zu 75 ccm, mit Marke bei 40 ccm,
x) 1 Tropfbürette (Hydrotimeter) zur Härtebestimmung,
y) 1 Tropfbürette zu 10 ccm und
z) 1 Thermometer bis 150°.

Die Untersuchung auf organische Stoffe wird folgendermaßen ausgeführt:

Der Kochkolben wird mit schwach angesäuerter Kaliumpermanganatlösung ausgekocht und, nachdem er entleert ist, werden 50 ccm des zu untersuchenden Wassers eingefüllt. Dazu fügt man 3 ccm verdünnte Schwefelsäure (0,5 ccm Schwefelsäure + 2,5 ccm destilliertes Wasser) sowie 5 ccm Kaliumpermanganatlösung. Man kocht 10 Minuten lang, gießt 5 ccm Oxalsäurelösung hinzu, schüttelt bis zur Entfärbung und Klärung und tropft aus einer Bürette vorsichtig so lange Permanganatlösung ein, bis der letzte Tropfen eine wenigstens 5 Min. lang anhaltende schwache Rotfärbung bewirkt. Die Summe der verbrauchten Kubikzentimeter Permanganatlösung, vermindert um die Zahl der verbrauchten Kubikzentimeter Oxalsäurelösung, ergibt die Menge Permanganat, die zur Oxydation der organischen Stoffe erforderlich war.

Beispiel: Angewandt sind: Wasser . . . 50 ccm
Hinzugefügt sind: Kaliumpermanganatlösung . 5 ccm
Oxalsäurelösung . . . . 5 ccm
Kaliumpermanganatlösung . 2,5 ccm

Danach sind verbraucht:
Kaliumpermanganatlösung 5 + 2,5 = . . . 7,5 ccm
ab: Oxalsäurelösung . . . . . 5,0 ccm
= Kaliumpermanganatüberschuß . . . . . 2,5 ccm

Es waren in diesem Falle also zur Oxydation der organischen Stoffe in 50 ccm Wasser 2,5 ccm, also für 100 ccm 5 ccm Kaliumpermanganatlösung notwendig. 10 ccm der genau eingestellten Permanganatlösung enthalten 3,16 mg festes Kaliumpermanganat. 100 ccm Wasser haben somit $\frac{5 \times 3{,}16}{10} = 1{,}58$ mg oder 100000 Teile Wasser 1,58 Teile Kaliumpermanganat zur Oxydation gebraucht.

Die Permanganatlösung verändert sich leicht, wird jedoch dadurch nicht unbrauchbar; man hat nur durch einen mit der beständigeren Oxalsäurelösung angestellten Versuch ihren Gehalt an unzersetztem Kaliumpermanganat von neuem zu ermitteln. Hierzu setzt man dem eben untersuchten, noch heißen, schwach rot gefärbten Wasser erneut 5 ccm der Oxalsäurelösung und dann Permanganatlösung

bis zur schwachen Rotfärbung zu. Die nunmehr verbrauchte Permanganatmenge × 2 gibt an, wieviel Kubikzentimeter der Permanganatlösung 3,16 mg festes Kaliumpermanganat enthalten.

Die Bestimmung der Salpetersäure geschieht folgendermaßen:

Man bringt 3 Tropfen des zu prüfenden Wassers in eine weiße Porzellanschale, gibt ebensoviel Brucinlösung dazu und tröpfelt in das Gemisch konzentrierte Schwefelsäure. Ist Salpetersäure im Wasser in erheblicher Menge vorhanden, so wird die Flüssigkeit deutlich rot. Ueber die Mengenverhältnisse gewinnt man Aufschluß, wenn man 3 Tropfen der Salpeterlösung in gleicher Weise mit Brucinlösung und konzentrierter Schwefelsäure versetzt. Tritt in dem natürlichen Wasser eine stärkere Rötung als in der Versuchsflüssigkeit auf, so enthält es mehr Salpetersäure, als in einem reinen Trinkwasser gewöhnlich gefunden wird. Die konzentrierte Schwefelsäure ist vor dem Gebrauche mit Brucinlösung auf ihre Reinheit (Abwesenheit von Salpetersäure) zu prüfen.

Der Gehalt eines Wassers an salpetriger Säure läßt sich auf nachstehende Weise bestimmen:

Man mißt mit dem geteilten Reagierglase 20 ccm Wasser ab und gießt es in ein gewöhnliches Reagierglas, setzt 1 ccm Zinkjodidstärkelösung sowie 0,5 ccm verdünnte Schwefelsäure (3 ccm destilliertes Wasser auf 1 ccm Schwefelsäure) hinzu und schüttelt um. Bildet sich ein dunkles Blau, so ist reichlich salpetrige Säure vorhanden.

Um festzustellen, ob der Gehalt an salpetriger Säure höher ist, als er in gutem Trinkwasser gewöhnlich gefunden wird, ist die Prüfung zu wiederholen und gleichzeitig ein Vergleichsversuch auszuführen. Zu diesem Zwecke stellt man sich wieder die eben beschriebene Mischung her. Gleichzeitig mischt man in einem Glase 1 ccm Kaliumnitritlösung und 19 ccm destilliertes Wasser und setzt 1 ccm Zinkjodidstärkelösung sowie 0,5 ccm verdünnte Schwefelsäure hinzu. Alsdann werden beide Reagiergläser umgeschüttelt und auf weißes Papier gestellt. Ist der Farbenton in der letztgenannten Versuchsflüssigkeit heller als in dem natürlichen Wasser, so ist dessen Gehalt an salpetriger Säure höher, als es gewöhnlich in reinem Trinkwasser gefunden wird. Sonnenlicht ist bei dieser Untersuchung zu vermeiden, da es allein schon Jod freimachen kann.

Für die Untersuchung auf Ammoniak gilt folgende Vorschrift:

Man fügt zu 20 ccm Wasser 0,5 ccm Nesslersches Reagens. Tritt eine dunkle Gelbfärbung oder Rötung oder gar ein roter Niederschlag auf, so ist viel Ammoniak vorhanden.

Zur Ermittelung der Zulässigkeitsgrenze für Ammoniak bewahrt man die Probe auf und erzeugt sich in einem zweiten Glase mit 1 ccm Ammoniumchloridlösung, die mit 19 ccm destilliertem Wasser zu verdünnen und mit 0,5 ccm Nesslerschem Reagens zu versetzen ist, den Farbenton, der die größte noch zulässige Menge Ammoniak anzeigt. Ist der Farbenton des natürlichen Wassers dunkler als der der Versuchsflüssigkeit, so ist die zulässige Grenze überschritten.

War das Wasser schon von vornherein gefärbt, so ist dies bei der Beurteilung in Rechnung zu stellen. In diesem Falle darf die Gegenwart von Ammoniak nur beim Entstehen eines roten Farbentons angenommen werden. Ist das Wasser stark kalk- oder magnesiahaltig, so erzeugt Nesslersches Reagens stets einen Niederschlag, der aber bei Abwesenheit von Ammoniak und in farblosem Wasser weiß ist.

Sind nur Spuren von Ammoniak vorhanden und ist das Wasser zugleich deutlich gefärbt, so bleibt der Nachweis des Ammoniaks auch bei Gelbfärbung des Niederschlages unsicher, weil diese vom Farbstoffe des Wassers oder von Eisenoxyd herrühren kann. Erst eine deutlich rote Färbung des Niederschlags zeigt in diesem Falle Ammoniak an.

Um die Chlormenge zu bestimmen, wird folgendes Verfahren angewendet:

20 ccm Wasser werden mit Salpetersäure angesäuert und mit etwa 10 Tropfen Silbernitratlösung versetzt. Entsteht keine Fällung, so ist das Wasser frei von

Chlor; bei Gegenwart geringer Mengen bildet sich eine Opaleszenz, bei Gegenwart größerer Mengen eine deutliche weiße Trübung oder eine Abscheidung weißer Flocken.

Zur Schätzung des Grenzwertes werden 20 ccm der Kaliumchloridlösung wie das zu prüfende Wasser behandelt und die entstandenen Trübungen verglichen. Der schwächere Niederschlag zeigt den geringeren Chlorgehalt an.

Die Bestimmung der Gesamthärte und der bleibenden Härte eines Wassers wird folgendermaßen ausgeführt:

Man füllt den 75 ccm fassenden Stehzylinder mit dem zu untersuchenden Wasser bis zur Marke (40 ccm) und stellt ihn zugestopft beiseite. Die Tropfbürette füllt man bis zum obersten Teilstriche mit der Seifenlösung, indem man den zugespitzten Glasstab in die größere Oeffnung einsenkt und die Seifenlösung langsam an ihm heruntergleiten läßt. (Der Innenraum der Bürette ist so eingeteilt, daß jedem Teilstriche 1 Härtegrad in 100000 Teilen Wasser entspricht.) Man faßt die Bürette mit Daumen und Mittelfinger der rechten Hand, schließt die größere Oeffnung mit dem Zeigefinger, bringt die kleinere Ausflußöffnung in den Hals des geöffneten und in die linke Hand genommenen Stehzylinders und läßt unter entsprechender Neigung und Lüftung des Zeigefingers etwa bis zum 10. Teilstriche von der Seifenlösung einfließen. Man schließt den Stehzylinder und schüttelt stark mit auf- und abwärts gehenden Bewegungen. Zeigt sich kein feinblasiger Schaum, so tropft man unter wiederholtem Schütteln langsam Seifenlösung zu, bis durch den letzten Tropfen ein zarter, 5 Minuten lang stehender Schaum erzeugt wird.

Die Zahl, die dem Stande der Seifenlösung bei senkrechter Haltung der Bürette entspricht, zeigt unmittelbar die französischen Härtegrade an. Durch Vervielfältigung mit 0,56 erhält man die deutschen Härtegrade.

Sind mehr als 22 Grade Seifenlösung bis zur Schaumbildung erforderlich, so muß der Versuch, weil sich über 22 hinaus Fehlerquellen ergeben, wiederholt werden. Dazu verdünnt man das zu untersuchende Wasser entsprechend und vervielfältigt mit der Verdünnungszahl (z. B. angewandt sind 10 ccm Wasser, zu 40 ccm mit destilliertem Wasser verdünnt, verbraucht sind 10 Grade Seifenlösung, Gesamthärte: $10 \times 4 = 40$).

Die bleibende Härte ist fast ausschließlich durch den Gehalt an Gips bedingt. Man füllt 100 ccm Wasser in den Kochkolben, umgibt den Hals mit einem mehrfach zusammengefalteten Papierstreifen, erfaßt dessen überstehenden Flügel und kocht $^1/_2$ Stunde über der Spirituslampe. Das verdampfende Wasser ist von Zeit zu Zeit durch destilliertes Wasser zu ersetzen. Nach dem Kochen filtriert man schnell, läßt erkalten, füllt zu 100 ccm auf und bestimmt in 40 ccm die Härte in der oben geschilderten Weise.

Die bleibende Härte dient auch zum Schätzen der vorhandenen Schwefelsäure. Man nimmt die gesamte Schwefelsäure als an Kalk gebunden an und rechnet demgemäß auf 1 französischen Härtegrad 1 Teil Schwefelsäure in 100000 Teilen.

Außer diesen wichtigsten Aufgaben der chemischen Wasseranalyse können unter besonderen Verhältnissen für die Beurteilung eines Wassers auch noch andere Untersuchungen wünschenswert werden.

Der Abdampfrückstand, d. h. das Gewicht der sämtlichen im Wasser gelösten, bei 100—110° nicht flüchtigen Stoffe, wird dadurch ermittelt, daß man in einer vorher genau abgewogenen Platinschale eine bestimmte Menge (300—500 ccm) des Wassers allmählich verdampft und die Gewichtszunahme der Schale feststellt. Setzt man den Rückstand der Glühhitze aus, so erfährt er eine Gewichtsverminderung, die man als Glühverlust bezeichnet. Letzteren zu bestimmen,

um daraus die Menge der organischen Stoffe zu ermitteln, hat nur unter Umständen für hygienische Zwecke Wert. Man kann den Glühverlust z. B. zur Schätzung des Gehaltes eines Wassers an Huminsäuren verwenden; aus der besonderen Färbung des Abdampfrückstandes und dem Geruch, der beim Glühen des Rückstandes entsteht, können mitunter Schlüsse auf die Natur der organischen Substanzen gezogen werden.

Um freie Kohlensäure im Wasser nachzuweisen, verfährt man wie folgt:

Man löst 1 Teil Rosolsäure in 500 Teilen 80proz. Spiritus, versetzt mit etwas Aetzbaryt oder Natronlauge bis zur beginnenden rötlichen Färbung und verwendet von dieser Lösung etwa 0,5 ccm auf 50 ccm des zu prüfenden Wassers. Bei Gegenwart von freier Kohlensäure bzw. freien Säuren wird die Flüssigkeit farblos oder gelblich, bei Gegenwart nur von doppeltkohlensauren Salzen bleibt sie rot. Es empfiehlt sich unter allen Umständen, Wasser, das freie Kohlensäure bezw. freie Säure nicht enthält, zum Vergleich in derselben Weise zu behandeln (Proskauer).

Ueber die Methoden zur quantitativen Bestimmung der freien, der halbgebundenen und der Gesamtkohlensäure s. Lehmann (6).

Um Eisen im Wasser nachzuweisen, verfährt man nach Gärtner (1) folgendermaßen:

Man dampft 500 ccm Wasser, die mit 1 ccm eisenfreier Salzsäure und einigen Körnchen Kaliumchlorat versetzt sind, zur Umwandlung der Ferroverbindungen in Ferrichlorid auf ungefähr 50 ccm ein, füllt zu 100 ccm mit destilliertem Wasser auf, gibt einen aliquoten Teil, bei wenig Eisen das Ganze, in einem etwa 2,5 cm weiten Zylinder von ungefärbtem Glas, der bei 100 ccm eine Marke hat, und füllt mit destilliertem Wasser bis dahin auf. In 3 gleiche Zylinder gibt man je 1, 2 und 4 ccm einer Lösung von Eisenalaun, die im Kubikzentimeter 0,1 mg Eisen enthält (0,898 g Eisenalaun : 1000 Wasser); sodann schüttet man in jeden Zylinder $^1/_2$ ccm eisenfreie Salzsäure, fügt destilliertes Wasser bis zur Marke hinzu und gibt darauf in jeden der 4 Zylinder 2 ccm Rhodanammonium (1 : 10), schüttelt um und vergleicht die allmählich entstehenden roten Färbungen. Wässer, welche mehr als 0,3 mg Eisen im Liter enthalten, lassen letzteres bis zu dieser Grenze ausfallen, werden also trübe und unappetitlich.

Abbildung 107.

Apparat zur Bestimmung bleilösender Eigenschaften.

Mangan läßt sich (nach Proskauer) qualitativ auf nachstehende Weise feststellen:

Man dampft 0,5 Liter Wasser mit Soda ein und schmilzt den Rückstand mit Salpeter auf dem Platinblech. Bei Gegenwart von Mangan nimmt die Schmelze eine grüne Farbe (Kaliummanganat) an, die auf Zusatz von etwas Essigsäure ins Rote (Kaliumpermanganat) umschlägt.

Soll festgestellt werden, ob ein Wasser bleilösende Eigenschaften besitzt, so verfährt man folgendermaßen:

Man stellt in einen mit schräg abgeschnittenem Glasstopfen verschließbaren Standzylinder von ungefähr 1 Liter Inhalt ein der Höhe des Zylinders entsprechendes Stück eines halbierten, etwa 1—2 cm starken

Bleirohres ein (Abb. 107), nachdem seine Oberfläche mit stark verdünnter Salpetersäure gereinigt, in destilliertem Wasser sorgfältig längere Zeit abgewaschen und darauf mit einem sauberen Tuch abgetrocknet und blank poliert ist. Dann wird das zu untersuchende Wasser in den Zylinder längere Zeit unter möglichster Vermeidung des Miteintritts von Luft eingeleitet (bis sich der Inhalt des Zylinders mehrere Male erneuert hat). Der Zylinder wird dann mit dem Glasstopfen so geschlossen, daß keine Luft zwischen dem Stopfen und dem Wasser mit eingeschlossen wird. Nach frühestens 24 Stunden wird der Zylinder geöffnet, das mit einer reinen Pinzette gefaßte Bleirohr mehrere Male durch das Wasser auf- und niedergezogen, um etwa anhaftende ungelöste Bleisalze von dem Bleirohr abzuschütteln, und das — unfiltrierte — Wasser auf seinem Bleigehalt untersucht.

Der Nachweis von Blei im Wasser wird folgendermaßen erbracht:

2 Liter Wasser werden mit Salpetersäure versetzt und bis auf 150 ccm eingedampft, mit kohlensaurem Natron abgestumpft und mit essigsaurem Natron versetzt Das gelöste Blei wird durch Schwefelwasserstoff gefällt, auf einem Filter gesammelt und mit heißem Wasser unter Zusatz von etwas Schwefelwasserstoffwasser ausgewaschen; das Filter und sein Inhalt werden getrocknet und in einem Porzellantiegel unter Zuleitung von Wasserstoffgas zu Schwefelblei geglüht. Die erhaltene Menge Schwefelblei (in mg), mit 0,866 multipliziert, ergibt den Gehalt des Wassers an Blei (in mg) (Gärtner).

Ueber weitere Methoden der chemischen Wasseruntersuchung s. Rubner (2), Lehmann (6), Ohlmüller u. Spitta (11) und Klut (15).

3. Die bakteriologische Untersuchung

kann zu einwandfreien Ergebnissen nur dann führen, wenn die Wasserproben in sterilen Gefäßen so aufgefangen werden, daß sie während der Entnahme eine Verunreinigung durch fremde Bakterien nicht erleiden, und wenn die Gewißheit besteht, daß bis zu ihrer Verarbeitung eine Vermehrung der in ihnen enthaltenen Keime nicht stattfindet. Vor der Entnahme aus Pumpbrunnen und Leitungen muß man deren Anlaufsmündungen abbrennen (am besten mit einer Lötlampe) und das Wasser mindestens 10 Minuten lang ablaufen lassen. Man fängt die Proben in keimfreien Reagenzgläsern auf, deren Rand kurz vorher über einer Spiritusflamme nochmals sterilisiert war, und verschließt die Gläser sofort wieder mit dem nochmals kurz durch die Flamme gezogenen Wattepfropfen. Bei der Entnahme aus Schacht- oder Kesselbrunnen ist peinlichst darauf zu achten, daß beim Oeffnen der Abdeckungen nicht Staub, Erde und sonstige Verunreinigungen in das Wasser fallen. Man soll hier nicht von den obersten Wasserschichten entnehmen, weil sich auf der Oberfläche erfahrungsgemäß oft eine bakterienreiche dünne Staub- und Schmutzschicht findet, sondern mehr aus der Tiefe. Hierzu sind besondere Apparate erforderlich, bei denen meist durch ein niederfallendes Gewicht die Spitze eines ausgezogenen, luftleer gemachten und sterilisierten Reagierglases dann abgebrochen wird, wenn der Apparat in die gewünschte Tiefe unterhalb des Wasserspiegels hinabgelassen ist, was man an der Länge der

abgewickelten Schnur genau feststellen kann. Es dringt dann das Wasser aus der betreffenden Schicht sofort in das Glas ein. Ein Zutreten von oberflächlicherem Wasser während des Herausziehens des Apparates ist deshalb nicht zu befürchten, weil der ausgezogene Teil des Röhrchens nach unten abgebogen und die Oeffnung sehr eng ist. Abb. 108 zeigt einen derartigen Abschlagapparat.

Die Entnahme von Wasser aus Flüssen, Seen, Stauweihern usw. geschieht am zweckmäßigsten von der Mitte ihrer Oberfläche aus, indem man die Flasche, mit dem Boden gegen die Stromrichtung gewendet, schnell 20—30 cm unter den Wasserspiegel eintaucht, dann umdreht, sodaß die Mündung gegen die Strömung steht und schnell wieder herauszieht, wenn sie ganz gefüllt ist. Die oberen Schichten der Probe werden dann abgegossen.

Abbildung 108.

Abschlagapparat nach Sclavo-Czaplewski.

Handelt es sich um den Nachweis bestimmter Krankheitserreger, so muß man bei der Entnahme der Proben deren Lebensgewohnheiten berücksichtigen. Choleravibrionen wird man beispielsweise in Flußwasser am ehesten in stagnierenden Teilen in Uferbuchten und — wegen ihres Sauerstoffbedürfnisses — an der Oberfläche des Wassers finden. Typhusbazillen halten sich, wie schon früher erwähnt, am längsten im Schlamm und sonstigen Verunreinigungen des Brunnenwassers; man muß daher, soweit derartige Massen nicht ohne weiteres zugängig sind, das Wasser vorher aufrühren. Von einem längeren Abpumpen der Brunnen und einem Laufenlassen des Leitungswassers vor der Entnahme der Proben muß für diese Zwecke natürlich Abstand genommen werden.

Können die entnommenen Wasserproben nicht an Ort und Stelle weiter verarbeitet werden, so sind sie, mit den nötigen Angaben über Herkunft, Art und Zeit der Entnahme versehen, in Eisverpackung schnellstens in die Untersuchungsstelle zu überführen und dort sofort zu verarbeiten. Geschieht dies nicht, so kann sich im Sommer schon während eines kurzen Transportes die Menge der Wasserbakterien derartig vermehren, daß die Bestimmung der Keimzahl völlig wertlos ist. Die bakteriologischen Untersuchungsstellen verfügen über besondere, für diesen Zweck bestimmte Transportkästen, in denen eine größere Anzahl von Reagenzgläsern oder Kölbchen Aufnahme finden kann.

Die Ermittlung des Keimgehaltes der Wasserproben geschieht nun folgendermaßen: Man überträgt mit keimfreier Pipette in je eine sterilisierte Petrische Schale 1,0, 0,5 und 0,1 ccm des zu untersuchenden Wassers und fügt je 5—6 ccm bei 30—40° verflüssigte Nährgelatine hinzu. Durch mehrfaches, vorsichtiges Hin- und Herneigen der Schalen wird für eine schnelle und ganz gleichmäßige Vermischung des Wassers und der Gelatine gesorgt. Dabei ist zu beachten, daß sich nicht Blasen in der Gelatine bilden und daß der Boden der Schalen mit ihr völlig bedeckt ist. Wenn die Gelatineschicht erstarrt ist — was man bei hoher Lufttemperatur am schnellsten durch Aufstellen der Schalen auf eine horizontal eingestellte Glasplatte bewirkt, unter der sich eine mit Eisstückchen und Wasser gefüllte Glasschale befindet (sogen. Plattenkühlapparat) —, werden die Schalen in einen auf 22° C eingestellten Brutschrank verbracht. Die in der Gelatine gleichmäßig verteilten Bakterien wachsen nun allmählich zu einzelnen Kolonien aus.

Die Zählung der Bakterienkolonien soll nach Lehmann (6) nur im Notfall, wenn die Keime sehr zahlreich oder viele verflüssigende darunter sind, nach 48 Stunden, womöglich aber nicht vor 4 bis 5 tägigem Aufenthalte im Brutschrank vorgenommen werden, da langsamer wachsende Keime sich erst dann zu sichtbaren Kolonien entwickelt haben. Die Züchtungsdauer ist bei den Ergebnissen der Keimzählung stets zu vermerken. Dünnbesäte Platten mit gut herangewachsenen Kolonien werden auf schwarzer Unterlage ganz durchgezählt. Man benutzt dazu am zweckmäßigsten eine etwa 6 fach vergrößernde Lupe (sogen. Coddington-Lupe). Sind mehr als etwa 400 Kolonien auf der Platte gewachsen, so zählt man unter Zuhilfenahme des Wolffhügelschen Zählapparates (Abb. 109), über dessen in Quadratzentimeter eingeteilter Glasplatte gleichmäßig über die ganze Platte nur einzelne Quadrate (mindestens 20) durch, und zwar sowohl solche, in denen sich viele, als auch solche, in denen sich verhältnismäßig wenige Kolonien befinden. Aus der Zahl der Keime in diesen Quadraten ermittelt man, wieviel Kolonien sich im Durchschnitt auf jedem Quadrat befinden. Da die Fläche der Schale etwa 64 qcm ($= r^2\pi$) entspricht, multipliziert man die Zahl der in 1 qcm durchschnittlich vorhandenen Kolonien mit 64 und hat dann die Zahl aller in der verarbeiteten Wassermenge vorhanden gewesenen Keime. Wurden z. B. in 20 Quadraten der mit 1 ccm Wasser beschickten Platte 680 Kolonien gezählt, so entfielen auf jedes Quadrat durchschnittlich $680 : 20 = 34$ Kolonien und der Keimgehalt der ganzen Platte würde demnach auf $34 \times 64 = 2176$ Keime zu berechnen sein. Waren ferner in der zweiten Platte, zu der $^1/_2$ ccm des gleichen

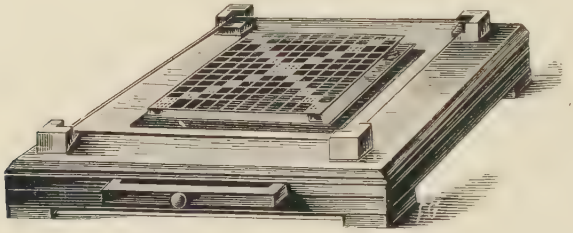
Wassers verarbeitet war, 1118 Kolonien und in der dritten, mit nur $^1/_{10}$ ccm des Wassers beschickten Platte 241 Kolonien festgestellt, so würde sich der auf 1 ccm berechnete Keimgehalt für die zweite Platte auf $1118 \times 2 = 2236$, für die dritte Platte auf $241 \times 10 = 2410$ stellen.

Aus dem Durchschnittswert der 3 Platten wäre in diesem Falle zu folgern: Die untersuchte Wasserprobe enthielt in 1 ccm

$$\frac{2176 + 2236 + 2410}{3} = 2274 \text{ Keime.}$$

Handelt es sich um ein Wasser, das von vornherein als stärker keimhaltig angesehen werden muß, z. B. bei schlechten Kesselbrunnen, so wird man bei Verarbeitung von 1 ccm und $^1/_2$ ccm Wasser mit einer frühzeitigen Verflüssigung der Platten infolge zahlreichen Bakterienwachstums rechnen müssen, sodaß diese Platten dann nicht verwendbar wären. In solchen Fällen muß man geringere Mengen aus-

Abbildung 109.



Wolffhügelscher Zählapparat.

säen oder aber das zu untersuchende Wasser vor der Verarbeitung mit der 10 oder 50 oder 100 fachen Menge frisch sterilisierten Wassers verdünnen. Letzteres hat stets zu geschehen, wenn man Oberflächenwasser (Flußwasser usw.) untersuchen will. —

Lafar (Zentralbl. f. Bakt. Bd. 15) hat eine Zählplatte konstruiert, deren Felder in Sektoren von je 1 Quadratzentimeter Inhalt eingeteilt sind. Man zählt einen oder mehrere Sektoren aus und bestimmt mit Hilfe der gefundenen Zahlen die Keimzahl auf der ganzen Petrischale.

Neisser (Zeitschr. f. Hygiene Bd. 20) hat empfohlen, mit der schwachen Vergrößerung des Mikroskops etwa 60 Gesichtsfelder auszuzählen und danach unter Berücksichtigung der Größe der Petrischale und des Gesichtsfeldes die gesamte Keimzahl zu bestimmen; die von Neisser hierfür entworfene Tabelle erleichtert die Berechnung.

Empfehlenswert ist es, außer der Keimzahl auch die Zahl der verschiedenen Arten, und unter ihnen noch die Zahl der die Gelatine verflüssigenden Bakterienarten bei der Durchsicht der Platten festzustellen. Angaben dieser Art sind vielfach, namentlich bei wiederholten Untersuchungen desselben Wassers, für die Beurteilung wertvoll.

Besteht der Verdacht, daß ein Wasser durch Choleravibrionen verseucht ist, so verfährt man zum Nachweis solcher folgendermaßen:

Man fügt in großen Kolben zu 1 oder 2 Litern des zu untersuchenden Wassers auf je 1 Liter 100 ccm einer stark alkalischen Peptonlösung (Pepton. sicc. Witte 100,0, Kochsalz 100,0, Kaliumnitrat 1,0, kristall. kohlensaures Natron 2,0, Aq. dest. 1000, in der Wärme gelöst, in Kölbchen von 100 ccm abgefüllt und sterilisiert) hinzu, schüttelt gut durch und verbringt diese Mischung, die man auch in mehrere kleinere Kölbchen umfüllen kann, in den 37°-Brutschrank. Nach 12—24 Stunden werden dann aus der oberflächlichsten Schicht dieser Anreicherungsflüssigkeit einige Oesen entnommen und in der üblichen Weise zu Ausstrichpräparaten verarbeitet. Lassen sich in diesen, mit verdünntem Karbolfuchsin zu färbenden Präparaten Vibrionen nachweisen, so werden weitere Oesen von der Oberfläche der betreffenden Anreicherungsflüssigkeit entnommen und zu Oberflächenausstrichen auf stark alkalischem Agar oder Blutalkaliagar (nach Dieudonné) verarbeitet. Die nach 24stündiger Bebrütung auf den Platten gewachsenen Kolonien werden dann bezüglich der morphologischen und kulturellen Eigenschaften der Vibrionen sowie bezüglich deren Verhalten gegenüber den Immunitätsreaktionen identifiziert. (Näheres darüber siehe Bd. IV unter „Cholera".)

Die Untersuchung von Wasser auf Typhus-, Paratyphus- und Ruhrbazillen ist weniger aussichtsreich als diejenige auf Choleravibrionen, weil wir ein dem Kochschen Peptonwasserverfahren entsprechendes Anreicherungsverfahren für diese Bakterien nicht besitzen.

Nach Vallet-Schüder soll man das zu untersuchende Wasser in einer Menge von 2 Litern in einem hohen sterilen Meßzylinder mit 20 ccm einer 7,75proz. Natriumhyposulfitlösung gut vermischen. Durch weiteren Zusatz von 20 ccm einer 10proz. Bleinitratlösung entsteht ein Niederschlag, der die Bazillen mit zu Boden reißt. Wo keine genügende Zentrifuge zur Verfügung steht, die ein sofortiges Ausschleudern in sterilen Gefäßen ermöglicht, muß nach 20—24stündigem Stehenlassen die Flüssigkeit vorsichtig von dem Bodensatz abgegossen werden. Zu letzterem werden dann 14 ccm einer 100proz. Natriumhyposulfitlösung zugesetzt, gut geschüttelt und die ganze Flüssigkeit in ein steriles Reagenzglas gegossen, in dem sich in kürzester Zeit die nicht löslichen Bestandteile zu Boden senken. Von der oben stehenden klaren Lösung werden dann kleine Mengen auf Serien von Lackmus-Milchzucker-Agar ausgestrichen und die gewonnenen Kolonien nach 18—24stündigem Wachstum in der üblichen Weise identifiziert. — Ficker setzt zu 2 Litern Wasser in einem hohen sterilen Zylinder 8 ccm einer 10proz. Sodalösung (mit Kristallsoda hergestellt) und danach 7 ccm einer 10proz. Lösung von Ferrisulfat. Nachdem sich in 2—3 Stunden im Eisschrank die Fällung vollzogen hat, wird der vorsichtig entnommene Niederschlag in sterilen Reagenzgläsern mit 25proz. Lösung von neutralem weinsauren Kali gelöst und wie beim vorher beschriebenen Verfahren zur Aussaat auf Platten benutzt. — Müller empfiehlt zur Fällung an Stelle des Ferrisulfats einen Zusatz von 5 ccm Liquor ferri oxychlorati auf 3 Liter Wasser. Der sich bildende Niederschlag soll auf einem Filter gesammelt und ungelöst auf Lackmus-Milchzucker- bez. Fuchsin-Agar weiter verarbeitet werden. Ein Alkalisieren des Wassers ist bei diesem Verfahren unnötig.

Altschüler, Schepilewski u. a. empfehlen, hochwertiges spezifisches Immunserum in solchen Mengen dem Wasser zuzusetzen, daß dadurch eine Agglutination der etwa vorhandenen Typhusbazillen bewirkt würde. Nach scharfem Ausschleudern mittels der Zentrifuge soll dann der Bodensatz gewonnen und durch Plattenaussaat weiter verarbeitet werden. — Cambiers Verfahren schließlich besteht darin, daß man das verdächtige Wasser in das Innere einer sterilen Porzellankerze verbringt und diese in eine sterile, stark gesalzene und sehr stark alkalische Nährbouillon stellt. Der Typhusbazillus durchwächst die Filterwand schneller als andere Bakterien (z. B. die Coliarten) und kann somit in der Außenflüssigkeit

früher nachgewiesen werden. Wenn Wasserleitungswasser untersucht werden soll, so wird dieses mehrere Stunden, also in einer Menge von mehreren Hektolitern, durch ein gewöhnliches Küchenporzellanfilter geschickt. Der auf der Filteroberfläche sitzende Bakterienschleim wird dann zur Infektion des Kerzeninhalts benutzt und die Außenflüssigkeit nach 24 und 48 Stunden auf Typhusbazillen untersucht.

Hoffmann und Ficker empfehlen 900 ccm Wasser mit einer Nutroselösung (10 g : 80 Aq. dest.), einer Koffeinlösung (5 g : 20 Aq. dest.) und einer Kristallviolettlösung (0,1 g : 100 Aq. dest.) zu versetzen, bei 37° 12—13 Stunden stehen zu lassen und dann teils durch direkte Plattenaussaat, teils nach Füllungsverfahren weiter zu verarbeiten.

Der Nachweis von Colibakterien im Wasser wird nach Fromme (16) folgendermaßen erbracht:

Von den zu untersuchenden Wasserproben werden in der Regel 10 ccm, in einigen Fällen auch 200 ccm angesetzt. Ist eine Verunreinigung des Wassers wahrscheinlich, wie z. B. bei Flußwässern und anderen Oberflächenwässern, so kommt eine Reihe jedesmal um das 10fache mit keimfreiem Wasser verdünnter Lösungen zur Untersuchung. Mengen von 1 ccm und weniger werden in Gärungsröhrchen gebracht, die 1 proz. Traubenzuckerpeptonbouillon enthalten. Diese Gärungsröhrchen bestehen aus einfachen Reagenzröhrchen, in denen ein unten offenes kleineres Glasröhrchen steht. In dem blinden Ende dieses Röhrchens werden die sich entwickelnden Gasblasen aufgefangen. Größere Wassermengen werden mit solchen Mengen einer 10proz. Traubenzuckerpeptonkochsalzlösung versetzt, daß eine 1proz. Lösung resultiert. Nach 24stündiger Bebrütung bei 37° werden 1—2 ccm der nunmehr angereicherten Probe ebenfalls in Gärungsröhrchen verbracht, um Gasbildung festzustellen. Tritt Gasbildung auf, so erfolgt oberflächliche Aussaat geringer Mengen der Kulturflüssigkeit auf Platten von Endoschem Fuchsinagar. Charakteristische, isoliert liegende Kolonien werden von der Platte auf Agarröhrchen abgeimpft und dann weiter identifiziert. Als Colibakterien sind anzusehen Gram-negative, Gelatine nicht verflüssigende Bakterien, die Traubenzucker vergären, Milch zur Gerinnung bringen, Neutralrot reduzieren und auf Lackmus-Milchzucker-Agar ein charakteristisches Wachstum zeigen.

4. Die mikroskopische Untersuchung.

Unter Umständen ist zu einer vollkommenen Wasseruntersuchung auch die mikroskopische Betrachtung des Bodensatzes notwendig, der sich bei längerem Stehen der Wasserproben in den Entnahmegefäßen absetzt. Die Feststellung von bestimmten Verunreinigungen gelingt auf diese Weise oft überraschend leicht.

Handelt es sich um Oberflächenwasser, z. B. das Wasser von Flußläufen, Bächen, Stauweihern u. dergl., oder soll die Reinheit eines Quell- oder Brunnenwassers festgestellt werden, das nicht ganz klar ist, so läßt man größere Wassermengen sedimentieren und gibt nach Abgießen der oberen Schichten den Rest in Spitzgläser, aus denen sich dann bald ein zur Untersuchung geeigneter Bodensatz gewinnen läßt. Steht eine zum Ausschleudern größerer Flüssigkeitsmengen verwendbare Zentrifuge zur Verfügung, so wird man mit dieser wesentlich schneller zum Ziele kommen. Man bringt alsdann kleine Tropfen des Bodensatzes auf einen Objektträger und untersucht zunächst mit schwachen, später — zur genaueren Differenzierung der Befunde —

mit stärkeren Trockensystemen des Mikroskops. Fahndet man bei der Prüfung eines Oberflächen- oder Quellwassers auf pflanzliche und tierische Organismen, so empfiehlt sich die Anwendung eines sog. Planktonnetzes (Abb. 110), durch das zwecks Anreicherung der letzteren große Mengen des Wassers hindurchgeschickt werden können.

Abbildung 110.

Planktonnetz.

B. Beurteilung der Untersuchungsergebnisse.

Fragen wir uns nun nach den Schlüssen, die wir aus den Ergebnissen der nach den geschilderten Methoden vorgenommenen Wasseruntersuchung zu ziehen berechtigt sind, so muß folgender Grundsatz aufgestellt werden: Nur wenn gesundheitsschädliche Stoffe oder Krankheitserreger in einwandfrei entnommenen Proben des Wassers nachgewiesen werden, kann ein endgültiges Urteil über die Verwendbarkeit des Wassers lediglich auf Grund der im Laboratorium ausgeführten Untersuchungen gefällt werden. In allen anderen Fällen muß die eingehende Besichtigung der gesamten Wasserversorgungsanlage und ihrer Umgebung die wichtigste Unterlage für die Beurteilung des Wassers und die Möglichkeit einer Verseuchung bilden. Durch die Ergebnisse der Ortsbesichtigung näher begründet und erklärt, sind die Resultate der sonstigen Untersuchungen vielfach von ausschlaggebender Bedeutung, während sie für sich allein nur einen bedingten Wert haben.

Auf die Gesichtspunkte, die bei der örtlichen Prüfung der Entnahmestellen bez. Wasserversorgungsanlagen maßgebend sind, und die Anforderungen, die an diese gestellt werden müssen, soll später eingegangen werden. Hier seien zunächst die Umstände besprochen, die die physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Wassers und dessen Keimgehalt beeinflussen. Ihre Kenntnis ist für eine allgemeine Beurteilung der Untersuchungsbefunde unerläßlich und ermöglicht bei richtiger Abwertung der im Einzelfall vorliegenden besonderen Verhältnisse auch ein Urteil über die Bedeutung etwaiger auffälliger Ergebnisse.

1. Beurteilung der physikalischen Befunde.

Die Prüfung der Temperatur des Wassers hat besonderen Wert nur dann, wenn sie zu verschiedenen Zeiten und möglichst fortlaufend vorgenommen wird. Größere Temperaturschwankungen bei Grund- und Quellwasser werden besonders nach starken Regengüssen, Hochwasser oder Ueberschwemmungen beobachtet und weisen darauf hin, daß Oberflächenwasser rasch und in erheblicher Menge dem unterirdischen Wasser zufließt. Ein Gleichbleiben der Temperatur berechtigt andererseits aber nicht zu dem Schluß, daß fremde Zuflüsse nicht vorhanden sind, denn auffallende Schwankungen werden ausbleiben, wenn das zuströmende Wasser in seiner Menge gering ist, oder wenn es lange in der Erde verweilt oder in engen Kanälen abwärts tritt, die einen leichten Temperaturaustausch ermöglichen.

Nicht selten werden in Quell-, zuweilen auch in Grundwässern Trübungen beobachtet, die auf kleine Erdteilchen, meist Tonteilchen zurückzuführen sind. An sich ungefährlich, deuten sie dann auf eine ungenügende Filtration hin, wenn sie aus den oberen Bodenschichten stammen. Wenn die Erdteilchen aber aus den unteren, bakterienfreien Bodenschichten herrühren, bedingen sie nur einen Schönheitsfehler des Wassers. Festes Gestein gibt in der Regel trübende Teilchen nicht ab; aber deren Fernbleiben zeigt noch nicht an, daß eine genügende Filtration des Wassers stattfand. Die bakteriologische Untersuchung wird in diesen Fällen die nötige Klarheit schaffen.

Werden Pflanzen, Tiere oder Reste von solchen in einem unterirdisch fließenden Wasser festgestellt, so weisen sie auf weitere Kanäle und Verbindungen mit der Erdoberfläche hin; das gleiche tun Gasblasen, sofern sie aus Luft bestehen, die allerdings vielfach durch Abgabe von Sauerstoff und Aufnahme von Kohlensäure verändert ist.

Die Farbe des Wassers wird durch seinen Gehalt an gewissen Bestandteilen häufig beeinflußt. Von den suspendierten Stoffen geben ihm Lehm eine gelbliche oder grünliche, feiner Sand und Eisenoxydhydrat eine rotbraune, Schwefel eine gelblich-weiße, kohlensaurer Kalk eine weiße, Schwefelmetalle, namentlich Schwefeleisen und Schwefelblei, eine schwarze, unlösliche Huminsubstanzen aus Mooren eine braunschwarze, Flocken von Wasserspaltpilzen und Algen (Crenothrix, Cladothrix, Beggiatoa usw. S. 235) eine weißliche oder bräunliche Färbung. Gelöste Stoffe (z. B. Jauche, Huminkörper) färben das Wasser in der Regel gelblich oder bräunlich (Lehmann). Die durch Huminstoffe bedingten Färbungen sind hygienisch belanglos und stellen nur einen

Schönheits-, zuweilen auch einen Geschmacksfehler dar, der durch Filtration des Wassers wohl gebessert, aber nicht immer beseitigt werden kann.

Regelwidriger Geruch und Geschmack eines Wassers deutet fast stets auf stärkere Verunreinigungen hin und begründet dessen Verwerfung zu Genußzwecken. Sehr häufig trifft man eine derartige Beschaffenheit auf dem Lande bei Brunnen, die in der Nähe von Jauchestätten, Ställen oder Abortgruben gelegen sind. Auch durch morsches Holz der Abdeckung, der Wandbekleidung usw. alter Brunnen wird der Geschmack und der Geruch des Wassers beeinflußt. (Ueber Schwefelwasserstoffgeruch s. S. 225.)

Eisen- und manganhaltiges Wasser hat einen tintigen Geschmack. Wie wir später sehen werden, handelt es sich hier aber um einen Fehler, der in der Regel leicht beseitigt werden kann.

Durch Verbindungen des Chlors und der Erdalkalimetalle wird ein abnormer Geschmack erst dann bedingt, wenn diese in sehr großen Mengen im Wasser gelöst sind. Etwa 250 mg Chlor, 142 mg Kochsalz oder, wenn das Chlor als Chlorkalium vorhanden ist, 525 mg Chlorkalium im Liter werden beim Trinken noch nicht wahrgenommen. Schwefelsaures Kalzium (Gips) macht sich frühestens bei Anwesenheit von 500 mg im Liter bemerkbar, ist aber auch bei größeren Mengen noch nicht störend. In fast gleicher Konzentration wird das schwefelsaure Magnesium durch den Geschmack wahrgenommen; bei einem Gehalt von 1000 mg in einem Liter schmeckt das Wasser leicht bitter; Chlormagnesium bedingt bereits bei Gegenwart von 28 mg einen Nachgeschmack, aber erst bei etwa 100 mg einen sofort beim Genuß bemerkbaren besonderen Geschmack. Die hier angegebenen Werte beziehen sich auf künstlich hergestellte Lösungen der Salze in destilliertem Wasser und auf weiches Wasser, bei härterem Wasser liegen sie entsprechend höher.

Die Reaktion des Wassers ist nur verwertbar, wenn sie unmittelbar bei der Entnahme geprüft wurde. Die meisten Wässer weisen eine schwach alkalische Reaktion gegen Lackmus auf. Wasser, das freie Kohlensäure in größerer Menge enthält, reagiert schwach sauer. Auch organische Säuren, besonders Huminsäuren, die aus torfreichen Bodenschichten stammen (Moorland), geben dem Wasser eine saure Reaktion. Die Feststellung einer sauren Reaktion ist insofern nicht unwichtig, weil saure Wässer auf Metalle, Mörtel usw. mehr oder weniger aggressiv wirken.

2. Beurteilung der chemischen Befunde.

Die Abhängigkeit der chemischen Zusammensetzung eines Wassers von der Bodenformation, der es entstammt, ist schon kurz erwähnt worden. Die Unterschiede, die bei Quellwässern hierdurch bedingt werden, sind z. B. aus der folgenden Tabelle Reichardts ersichtlich, deren Zahlen auf 100000 Teile Wasser berechnete Mittelwerte wiedergeben:

Quelle aus:	Abdampf-Rückstand	Organ. Substanz.	Salpetersäure	Chlor	Schwefelsäure	Kalk	Tonerde	Härte
Granitformation .	2,44	1,57	0	0,33	0,37	0,97	0,25	1,27
Bunter Sandstein	12,50 bis 22,50	1,38	0,98	0,42	0,88	7,30	4,90	13,96
Muschelkalk . .	32,50	0,90	0,021	0,37	1,37	12,00	2,90	16,95
Dolomit	41,80	0,53	0,23	Spur	2,10	14,90	6,50	23,10
Gips	236,50	Spur	Spur	1,61	110,83	76,60	12,25	92,78
Tonschiefer . .	12,00	0	0,054	0,247	2,40	5,04	0,73	6,06

Aber nicht nur die Zusammensetzung des Untergrundes ist entscheidend, sondern auch die Dauer, während der das Wasser mit ihm in Berührung war, und die Größe der Berührungsfläche, die bei feinporigem Erdreich wesentlich größer ist als bei einem weite Kanäle und Hohlräume enthaltenden Untergrund. Sodann ist von Belang die Temperatur und der Kohlensäuregehalt des Bodens und des Wassers. Ist die natürliche Zusammensetzung des Bodens durch Aufbringung fremder Stoffe, z. B. von Schutt, Müll oder Schmutzstoffen des menschlichen Haushalts, geändert, oder gelangt verunreinigtes Wasser auf den Boden, so kann sich dies in der Zusammensetzung des Wassers im Boden ebenfalls bemerkbar machen (s. Abschnitt I).

Der Gehalt eines Wassers an gelösten Bestandteilen wechselt auch in gewissen Grenzen. Im allgemeinen ist bei reichlichem Wasserzufluß deren Konzentration geringer. Starke Schwankungen legen aber den Verdacht nahe, daß ein ungehöriger Zutritt von schlecht filtriertem Oberflächenwasser statthat. Es ergibt sich daraus, daß die Resultate der chemischen Wasseranalyse nur dann richtig zu verwerten sind, wenn mehrfache Untersuchungen desselben Wassers zu verschiedenen Zeiten ausgeführt wurden. Besonders wichtig ist diese Forderung, wenn es sich um die Auswahl des Wassers für zentrale Versorgungsanlagen handelt, denn die Gleichmäßigkeit der Eigenschaften ist für den dauernden Gebrauch eines Wassers eine wichtige Vorbedingung.

Die Substanzen, die in der Regel im Wasser gefunden werden, treten wohl niemals in so großen Mengen auf, daß sie an sich zu

einer Schädigung der Gesundheit durch den Genuß des Wassers führen könnten. Beispielsweise werden Wässer, deren Gehalt an Kalk- und Magnesiasalzen auffallend hoch ist (bis zu 100 deutschen Härtegraden), ohne irgend welchen Schaden in einzelnen Orten dauernd zu Trinkzwecken benutzt. Größere Mengen von Chlorverbindungen sind ebenfalls, da der Mensch ja durchschnittlich über 10 g Kochsalz am Tage zu sich nimmt, unbedenklich. Nur der Vergleich der in die Befundliste einzutragenden einzelnen Werte ermöglicht eine richtige Beurteilung der chemischen Beschaffenheit. Das Urteil wird oft wesentlich gestützt durch entsprechende Untersuchungsbefunde über andere Wässer derselben Gegend, die als Vergleichszahlen herangezogen werden. Ein solcher Maßstab erleichtert meist die Beurteilung, kann aber naturgemäß nicht immer entscheidend sein, weil sich die geologischen Verhältnisse vielfach schon auf kurzen Strecken wesentlich ändern.

In guten Wässern findet sich nach v. Esmarch (5) in der Regel im Liter nicht mehr als

Abdampfrückstand 500 mg,
Organische Substanz = 8—10 mg Kaliumpermanganatverbrauch,
Salpetersäure 5—15 mg,
Salpetrige Säure, Ammoniak } höchstens Spuren,
Chlor 20 mg,
Kalk- und Magnesiasalze entsprechend 20 deutschen Härtegraden,
Schwefelsäure 80—100 mg.

Es muß aber ausdrücklich betont werden, daß Grenzzahlen nicht aufgestellt werden können, und daß selbst große Steigerungen der einzelnen Werte eine Verwerfung des Wassers nicht rechtfertigen, wenn sie sich durch Ursachen erklären lassen, die an sich unbedenklich sind.

Wenn wir zunächst das Grund- und Quellwasser betrachten, so kann dessen Gehalt an organischen Substanzen ein sehr verschiedener sein. Wir kennen die Natur dieser Stoffe nur sehr wenig und können sie bezüglich ihrer Herkunft durch die Untersuchung nicht differenzieren. Sehr häufig entstammen sie Pflanzenresten (Torf, Braunkohle), die durch das Wasser ausgelaugt wurden. Sie gehören dann den Humusstoffen (Huminsäuren) an, die hygienisch ganz unbedenklich sind. Wässer, die reich an Huminsäuren sind, haben in der Regel eine gelbliche bis gelbbraune Farbe, einen weniger oder mehr ausgeprägten dumpfig-moorigen Geruch, einen eigenartig faden Geschmack und reagieren gegen Lackmus schwach oder deutlich sauer. Für technische Zwecke sind solche Wässer vielfach nicht geeignet.

Auch zur Kesselspeisung sind sie nicht verwendbar, weil sie die Kessel stark angreifen. Andererseits kann aber die hohe Oxydierbarkeit eines Wassers, wenn sie durch den gleichzeitigen Nachweis größerer Mengen von Zersetzungsprodukten gestützt wird, auf bedenkliche Verunreinigungen hinweisen.

Salpetersäure, die bekanntlich das Endprodukt der Oxydation aller stickstoffhaltigen organischen Substanzen im Boden darstellt, wird in reinem Grundwasser im allgemeinen nur in sehr geringen Mengen gefunden. Größere Nitratmengen zeigen, wenn sie nicht auf die geologische Beschaffenheit des Untergrundes zurückgeführt werden können, eine Verschmutzung des Bodens an. Sie sind aber dann weniger bedenklich, wenn Nitrite und Ammoniak fehlen. In diesem Falle weisen sie auf eine starke, aber alte Bodenverunreinigung hin [Lehmann (6)]. Die Ortsbesichtigung wird in diesen Fällen zu entscheiden haben, ob eine weitere Verschmutzung statthat und die Gefahr vorliegt, daß die Leistungsfähigkeit der im Boden vor sich gehenden physikalischen und chemischen Oxydationsvorgänge infolge Uebersättigung erschöpft wird.

Salpetrige Säure und Ammoniak deuten auf fast stets frische Zersetzungsvorgänge hin, die auf das Wasser vor nicht langer Zeit eingewirkt haben. Auf ältere Reduktionsprozesse läßt ihre Anwesenheit nur dann schließen, wenn das Wasser aus größerer Tiefe stammt oder unter einer für Luftsauerstoff undurchlässigen Deckschicht steht. Man findet ammoniak- und nitrithaltige Wässer vielfach im Untergrund von Ortschaften, die durch menschliche und tierische Abfallstoffe hochgradig verunreinigt sind. Dann sind meist auch große Mengen von organischen Substanzen und Nitraten sowie von Chlor nachweisbar, die in diesem Falle auf die gleichen Ursachen zurückzuführen sind.

Die salpetrige Säure entsteht vorwiegend durch die Tätigkeit von Mikroorganismen, und zwar entweder durch partielle Reduktion von Nitraten oder durch Oxydation von Ammoniakverbindungen. Allerdings wird mitunter auch in stark eisenhaltigen Grundwässern aus hygienisch und technisch einwandfrei angelegten Tiefbrunnen salpetrige Säure und Ammoniak in Spuren gefunden. Dieses Vorkommen läßt sich durch unvollständige Reduktion der Nitrate auf rein anorganischem Wege erklären und rechtfertigt demnach nicht eine Verurteilung des Wassers vom hygienischen Standpunkt. Einen erheblicheren Gehalt an Ammoniakverbindungen, der auf Reduktionsvorgänge zurückzuführen und an sich ebenfalls unbedenklich ist, trifft man mitunter auch in

Grundwässern an, die aus humusreichen Bodenschichten stammen [Klut (15)].

Chlorverbindungen kommen im Grundwasser je nach dem Salzgehalt des Bodens in wechselnder Menge vor. Sie zeigen aber Bodenverschmutzungen durch Abfallstoffe dann mit Sicherheit an, wenn sie so reichlich nachweisbar sind, daß ihre Menge den gewöhnlichen Chlorgehalt des Grundwassers einer bestimmten Gegend wesentlich überschreitet.

Die Schwefelsäure ist im Wasser meistens an Kalzium gebunden und kommt in dieser Verbindung (Gips) aus der geologischen Formation, die das Wasser durchwandert.

Schwefelwasserstoff findet sich häufig in einwandfreien eisenhaltigen Grundwässern. Er ist in diesem Falle ein Produkt des Untergrundes und an sich unbedenklich. Bei der Lüftung des Wassers wird er meist sofort beseitigt. Ist das Wasser jedoch nicht eisenhaltig, so kann aus seinem Schwefelwasserstoffgeruch geschlossen werden, daß in Fäulnis befindliche Stoffe mit dem Wasser in Berührung waren. Der Ausfall der übrigen Reaktionen wird dies bestätigen.

Die Härte des Wassers ist für dessen Genußfähigkeit, wie schon erwähnt, wenig von Belang. Sie ist aber von großer Bedeutung für die Verwendbarkeit des Wassers im Haushalte und vor allem in der Industrie. Das Weichkochen von Hülsenfrüchten wird bekanntlich durch hartes Wasser erschwert, ebenso wird die Wirkung der Seife beim Waschen dadurch herabgesetzt, daß die Härtebildner mit den Fettsäuren der Seife unlösliche Verbindungen eingehen. Wird hartes Wasser, namentlich solches, das schwefelsaures Kalzium in größeren Mengen enthält, zur Kesselspeisung verwendet, so bildet sich Kesselstein, der nur schwer und unter Schädigung der Kesselwand entfernt werden kann und, wenn eine Reinigung nicht rechzeitig vorgenommen wird, zu Betriebsstörungen, unter Umständen auch zum Platzen der Kessel führt.

Eisen wird im Grundwasser vorwiegend in Form von Oxydulbikarbonat gelöst angetroffen. Beim Einwirken der Luft fällt es infolge Entweichens der halbgebundenen Kohlensäure als Oxydhydrat in gelbgrauen bis rotbraunen Flocken aus. In Brunnen und Wasserleitungen kann die Eisenausscheidung aus dem Wasser auch durch die Wirkung gewisser Mikroorganismen, besonders der Crenothrix polyspora, zustande kommen. Es bildet sich dann an den Wänden ein starker rostiger Belag, der, durch die Strömung mitgerissen, im Wasser als flockige Trübung erscheint und bei Röhrenleitungen sehr

oft zu Verstopfungen führt. Der Nachweis der verflochtenen, unverzweigten fadenförmigen Algen wird durch die mikroskopische Untersuchung leicht zu erbringen sein.

Derartiges Wasser hat ein trübes, unappetitliches Aussehen und einen tintenartigen Geschmack, ist aber an sich nicht gesundheitsschädlich. Ein höherer Eisengehalt beeinträchtigt aber die Verwendung des Wassers zu Hausgebrauchszwecken, z. B. zum Waschen, weil hier die Wäsche fleckig wird.

Mangan ist häufig ein Begleiter des Eisens. Der Manganschlamm ist im Gegensatz zum Eisenschlamm schwarzbraun. Die Beurteilung eines manganhaltigen Wassers deckt sich im allgemeinen mit der des eisenhaltigen. Auch hier können Schädigungen der Rohrleitungen eintreten. Das Mangan läßt sich durch Lüftung weniger leicht ausfällen als Eisen; die nicht ausfallenden Mengen sind gesundheitlich indifferent, stören aber sehr beim Gebrauch des Wassers zur Wäsche, weil sie beim Kochen und beim Zusatz von Seife und Soda ausgeschieden werden und die Wäsche fleckig machen.

Ist in einem Wasser Blei, wenn auch nur in Spuren, nachgewiesen, so ist dessen Verwendung zu Trink- und Hausgebrauchszwecken unbedingt zu verbieten. Dasselbe gilt für etwaige Befunde von Arsen, Kupfer und Zink, die in seltenen Fällen in durch Fabriken verunreinigtem Wasser gefunden worden sind. Ueber die Abscheidung von Zink in Leitungsrohren s. S. 289.

Wir sehen also, daß die chemische Analyse uns mitunter das Vorhandensein von Substanzen anzeigen wird, die die Verwendbarkeit des Wassers einschränken oder aufheben, daß sie weit häufiger aber den Zweck hat, Veränderungen des Wassers aufzuklären, die dieses auf seinem Wege durch den Boden erfahren hat, und die uns einen Rückschluß auf die Art der Verunreinigung und die durch sie drohenden Gefahren ermöglichen.

Dies gilt besonders dann, wenn das Wasser einem Boden entstammt, der an sich verhältnismäßig arm an Chloriden, kohlensauren und schwefelsauren Alkali- und Erdalkalimetallen, organischen Verbindungen und ihren Zerfallsprodukten ist. Welcher Art die Verschmutzung ist, ob sie z. B. aus Rückständen irgend welcher gesundheitlich indifferenter Betriebe, oder ob sie aus den Abgängen menschlicher Haushaltungen stammen, welche gesundheitliche Bedeutung ihnen also beizumessen ist, das muß die Besichtigung der örtlichen Verhältnisse entscheiden. Man darf zudem nicht vergessen, daß selbst starke Verschmutzungen sich nur wenig bemerkbar machen, wenn das Wasser im Boden sich rasch bewegt; ein chemisch guter Befund

schließt also die unter Umständen bedrohliche Nähe selbst starker Schmutzstätten nicht immer mit Sicherheit aus.

Die Infektionsgefahr hat gewöhnlich mit der durch die chemische Analyse festgestellten Beschaffenheit unmittelbar nichts zu tun. Die Bakterien gehen meistens, wenn nicht ein sehr grobporiger Boden vorliegt, andere Wege, als die selbst die feinsten Poren überwindenden Lösungen.

3. Beurteilung der bakteriologischen Befunde.

Aehnlich werden die Leistungen der bakteriologischen Wasseruntersuchung zu beurteilen sein. Auch sie erbringt wohl nur selten den Nachweis bestimmter schädlicher Mikroorganismen, ihre Ergebnisse bezüglich des Keimgehaltes geben uns aber unter Umständen wichtige Kriterien in die Hand, wenn es gilt, über die Herkunft und Reinheit eines Wassers ein Urteil zu fällen.

Wenn die Filtrationskraft des Bodens eine gute ist, so ist das in ihm stehende Grundwasser bakterienarm, in Tiefen von etwa 4 m an in der Regel wohl bakterienfrei. Kabrhel hat darauf aufmerksam gemacht, daß unter besonderen Umständen auch in tieferen Erdschichten Bakterien vorkommen, namentlich dann, wenn durch Baumwurzeln oder durch Würmer usw. Gänge im Erdreich gegraben werden, die das Vordringen der Bakterien in die Tiefe ermöglichen. Wir werden also ein völlig keimfreies Grundwasser nicht überall erwarten können. Die Mikroorganismen der tieferen Schichten eines gut filtrierenden Bodens und des in ihm stehenden Grundwassers sind aber nicht nur an Zahl sehr gering, sondern auch hygienisch bedeutungslos. Es handelt sich hier wohl ausnahmslos um harmlose Saprophyten. Die für den Menschen pathogenen Arten halten sich höchstens in den oberflächlichsten Schichten des Erdreichs einige Zeit lebensfähig und können sich dort nur in Ausnahmefällen, wenn ihnen genügend organische Nährstoffe zur Verfügung stehen, vermehren; in größeren Tiefen des Erdreichs finden sie keine Existenzbedingungen.

Den Keimgehalt eines Grundwassers kann man einwandfrei dadurch feststellen, daß man eiserne, in der Gegend der Spitze gelochte Röhren in den Boden einschlägt und sie samt der aufgesetzten Pumpe durch $^1/_4$—$^1/_2$ stündiges Einleiten des Dampfes einer Lokomobile desinfiziert, ehe man Wasser pumpt. Bei fertigen Brunnen wird die Bestimmung der Keimzahl ebenfalls nur dann ein absolut zuverlässiges Bild geben, wenn vorher eine wirksame Desinfektion stattgefunden hat. Die Desinfektion von

Kesselbrunnen bietet schon größere Schwierigkeiten, namentlich dann, wenn sich größere Schlammengen am Boden abgesetzt haben. Auch hier wird sich eine längerdauernde Einleitung von Dampf empfehlen, oder aber Eingießen und gründlichste Reinigung der Kesselwände mit Aetzkalk. Natürlich muß vor der Entnahme der Proben in ersterem Falle das Wasser, das bis zur Temperatur von über 90° erhitzt wurde, wieder völlig abgekühlt, in letzterem Falle solange abgepumpt sein, bis Kalk nicht mehr nachweisbar ist. Rohrbrunnen lassen sich durch Dampf oder durch Schwefelsäure- und Karbolsäurelösung von den in ihnen haftenden Keimen befreien.

Hat eine Desinfektion vor der Entnahme der Wasserproben, die in der früher geschilderten Weise auszuführen ist, nicht stattgefunden, so sind aus einer größeren Keimzahl im Wasser von Brunnen nur bedingte Schlüsse zu ziehen. Wir wissen, daß beim Mauern eines Brunnens oder beim Einsetzen eines Brunnenrohrs Bakterien in das Wasser gelangen, und daß sie sich in ihm unter Umständen sehr lebhaft vermehren. Diese Wasserbakterien, die dann gewöhnlich nicht in vielen Arten vertreten sind, sind als harmlos anzusehen. Man darf aus ihrer Gegenwart nicht ohne weiteres schließen, daß das Wasser in hohem Grade der Infektionsgefahr ausgesetzt ist. Ein solcher Schluß wäre nur dann gerechtfertigt, wenn zeitweise, z. B. nach stärkeren Regengüssen die Keimzahl und dann meist auch die Zahl der verschiedenen Arten erheblich anschwillt. Ergibt die mehrmalige bakteriologische Untersuchung aber, daß ein Grundwasser dauernd bakterienfrei oder doch bakterienarm ist, so ist damit der Beweis erbracht, daß der Boden, durch den das Wasser hindurchtritt, gut filtriert, also auf ihn gelangende Bakterien mit genügender Sicherheit zurückhält.

Auch gute Quellen führen ein keimarmes Wasser. Daß gerade hier aber eine wiederholte Untersuchung vor Abgabe eines endgültigen Urteils notwendig ist, wurde schon früher erwähnt. Werden durch sie größere Schwankungen in der Keimzahl — einwandfreie Entnahme der Proben natürlich vorausgesetzt — festgestellt, so beweisen sie, daß ungenügend filtriertes Oberflächenwasser zu dem Quellauf Zutritt hatte. Vielfach stammen größere Bakterienmengen, die man in einem austretenden Quellwasser findet, aus dem Moose und Grase an der Quellöffnung, von vorgelagerten Steinen, einem eingesetzten Rohr oder ähnlichem her. Sie sind in diesem Falle belanglos, denn sie haben mit der Filtration im Boden nichts zu tun und verschwinden bei guter Quellfassung vollständig.

Soll die bakteriologische Untersuchung zur Beurteilung des Reinheitsgrades eines Oberflächenwassers, z. B. eines Flußwassers,

herangezogen werden — was beispielsweise bei der Auswahl des Platzes für eine Schwimmanstalt von Vorteil sein kann —, so sind Keimzählungen längere Zeit, mindestens mehrere Monate hindurch regelmäßig vorzunehmen. Die Proben müssen unter Berücksichtigung der Strömungsverhältnisse an verschiedenen Stellen und aus verschiedenen Tiefen entnommen werden. Nur der Vergleich der in größeren Untersuchungsreihen festgestellten Durchschnittswerte mit den Ergebnissen der chemischen Untersuchung und einer die Zuflüsse eingehend beachtenden Ortsbesichtigung (s. S. 240) wird hier einen brauchbaren Maßstab für die Leistungen der Selbstreinigung und die Verseuchungsgefahr ergeben.

Eine große Bedeutung hat die Bestimmung der Keimzahl, wenn der Effekt künstlicher Filteranlagen festgestellt und kontrolliert werden oder über etwaige Verunreinigungen einzelner Abschnitte einer sonst einwandfreien Wasserleitung ein Urteil gefällt werden soll. Wir werden darauf später zurückkommen.

Die Bestimmung der einzelnen Bakterienarten, die in einem Wasser enthalten sind, hat, wie schon erwähnt, im allgemeinen wenig Wert. Nur unter besonderen Verhältnissen wird man ihr näher treten müssen, z. B. wenn der Verdacht der Kommunikation eines Brunnens mit einem Flußlauf durch die Gleichartigkeit der Bakterienflora gestützt werden, oder wenn entschieden werden soll, ob Bakterien im Reinwasser eines Sandfilters aus dem Filterkörper stammen oder aus dem Rohwasser. Sonst interessieren uns die einzelnen Arten, soweit nicht bestimmte pathogene Bakterien in Frage kommen, nicht.

Allenfalls könnte man dem Bacterium coli commune hier eine Ausnahmestellung einräumen. Was die Beurteilung eines Befundes dieses Mikroben in einem Trinkwasser betrifft, so gehen hier die Ansichten der Hygieniker noch auseinander. Die einen halten bei der enormen Verbreitung dieses Mikroorganismus, der bekanntlich ein fast regelmäßiger Bewohner des Darmes nicht nur des Menschen und der Warmblüter, sondern auch der Kaltblüter ist, dessen Nachweis in einer Wasserprobe für unbedenklich, die anderen sehen in ihm den Indikator für eine fäkale Verunreinigung. Eijkman hat darauf hingewiesen, daß diese Bakterienart bei 46° sehr bald die Oberhand über zufällig neben ihr vorhandene andere Bakterien gewinnt und bei dieser Temperatur in 1 proz. Traubenzuckerbouillon noch deutlich Wachstum und Gärung zeigt. Diese sogen. Eijkmansche Probe wird zur Untersuchung von Wasser auf Colibakterien heute vielfach herangezogen, nachdem ihre Brauchbarkeit von zahlreichen anderen Autoren bestätigt wurde. Besonders deswegen sollte ihr Ausfall verwertbar sein, weil nur die Warmblüter-Coliarten, auf die es bei der Frage der Gefährdung eines

Wassers doch fast ausschließlich ankommt, bei 46° den Traubenzucker angeblich zu vergären vermögen, nicht aber die Kaltblüter-Coli. Es wurden daraufhin alle die Wässer als verdächtig bezeichnet, die eine positive Eijkmansche Reaktion zeigten.

Nach den eingehenden Untersuchungen von Fromme (16) kann jedoch diese Probe auf unbedingte Zuverlässigkeit keinen Anspruch machen. Ausbleibende Gasbildung spricht nicht mit Sicherheit gegen ein Vorhandensein von Colibakterien in dem untersuchten Wasser, zumal diese durch die Züchtung bei 46° nicht unerheblich geschädigt werden, und andererseits kann eine Gasbildung bei der Probe unter Umständen auch durch andere Mikroorganismen bedingt werden.

Der Ansicht, daß der Befund von Colibazillen im Wasser gänzlich bedeutungslos sei, kann nicht zugestimmt werden.

Von einer ubiquitären Verbreitung der Colibazillen kann nicht die Rede sein. Sie werden in der Außenwelt und selbst in der näheren Umgebung des Menschen keineswegs so häufig angetroffen, wie meist angenommen wird. In gut geschützten Quell- und Grundwässern fehlen sie stets und ihr Vorhandensein zeigt hier stets eine Verunreinigung irgendwelcher Art an. Wiederholt hat der erstmalige Nachweis des Bacterium coli in einem schon vorher bakteriologisch kontrollierten Wasser die Annahme einer fäkalen Verunreinigung begründet, die sich dann auch bei näherer Nachforschung nachweisen ließ. Die Untersuchung auf Coli kann also sehr wertvolle Dienste leisten und uns unter Umständen früher und sicherer als die Keimzählung und die chemische Analyse des Wassers über bestehende Infektionsgefahren aufklären. Ueber den Grad der Verunreinigung und deren Dauer werden wiederholte Untersuchungen Aufschluß geben können, bei denen die quantitative Bestimmung der Colibazillen vorzunehmen ist. Ob die Verunreinigung durch Warmblüter- oder durch Kaltblüter-Coli erfolgt ist, ist praktisch nur insofern von Bedeutung, als ein Warmblütercolibefund (positiver Ausfall der Eijkmanschen Probe) eine erheblichere und bedenklichere Verunreinigung anzeigt. In jedem Falle müßte aber der Quelle der Verunreinigung nachgeforscht und diese, wenn möglich, beseitigt werden.

Bei einem Oberflächenwasser aber, sei dies auch natürlich oder künstlich filtriert, kann ein Coli-Befund als solcher nicht eine Beanstandung des Wassers als Trinkwasser begründen. Ein Oberflächenwasser enthält in der Regel Colibakterien und erfahrungsgemäß werden diese durch die Filtration nicht vollständig aus dem Wasser entfernt. Hier ist nur die Colititerbestimmung, d. h. die Feststellung der kleinsten Wassermengen, in denen der Nachweis noch gelingt, von Bedeutung.

Die Zahl der Colibakterien steht im allgemeinen in umgekehrtem Verhältnis zur Filterwirkung und kann hier zur Beurteilung des Grades der Reinigung herangezogen werden (Fromme).

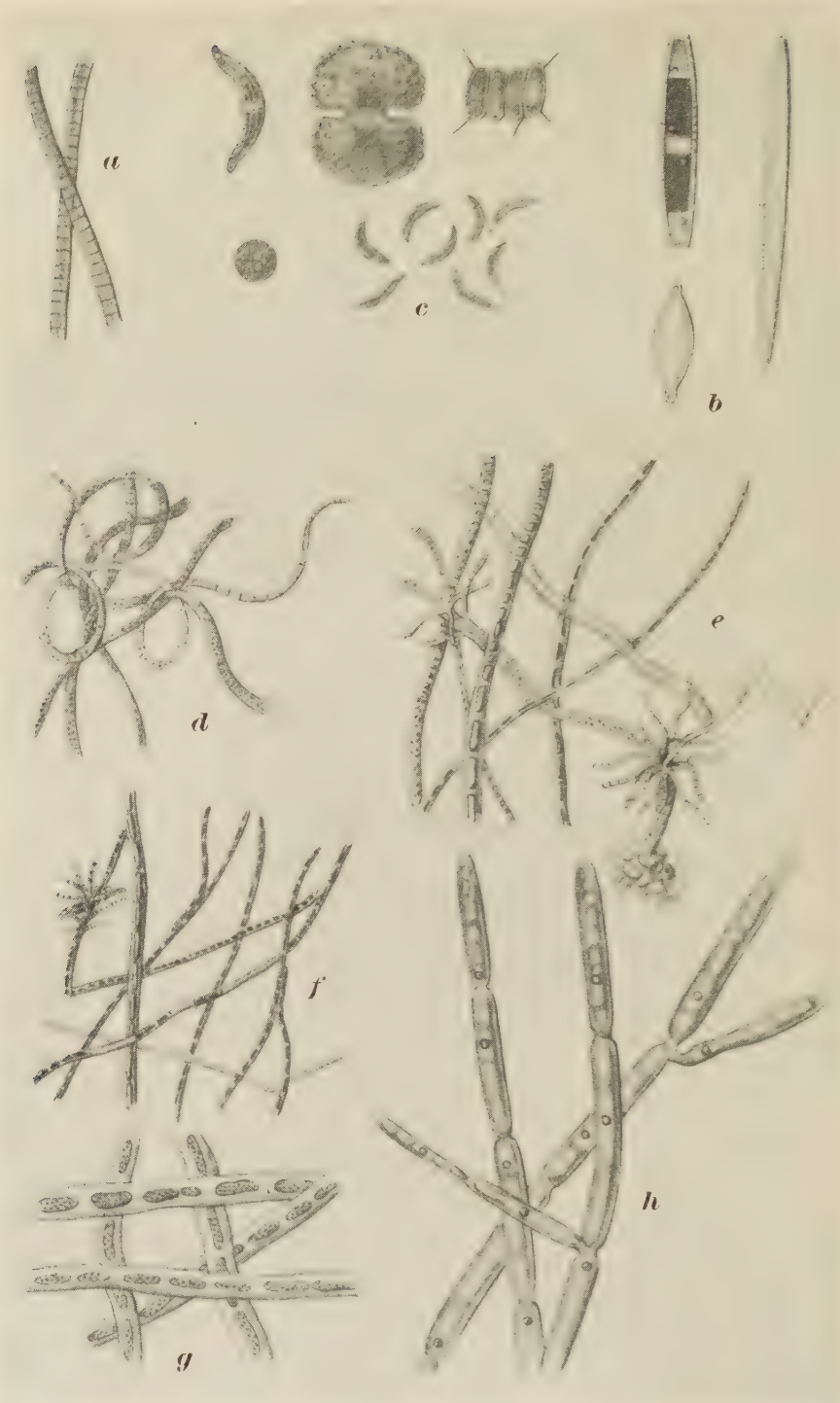
Konrich (17) kommt auf Grund seiner ausgedehnten Untersuchungen zu dem Schluß, daß der Colibefund an sich niemals die Verwerfung eines Wassers rechtfertigen dürfe, weil in einzelnen Gegenden colifreies Wasser gar nicht erhältlich sei. Er hält die Coliprobe für die Praxis, abgesehen von bestimmten Fällen, für wertlos, da ihr positiver Ausfall doch erst durch die Ergebnisse einer örtlichen Besichtigung der Wasserentnahmestelle erklärt und verwertbar gemacht werden kann.

4. Beurteilung der mikroskopischen Befunde.

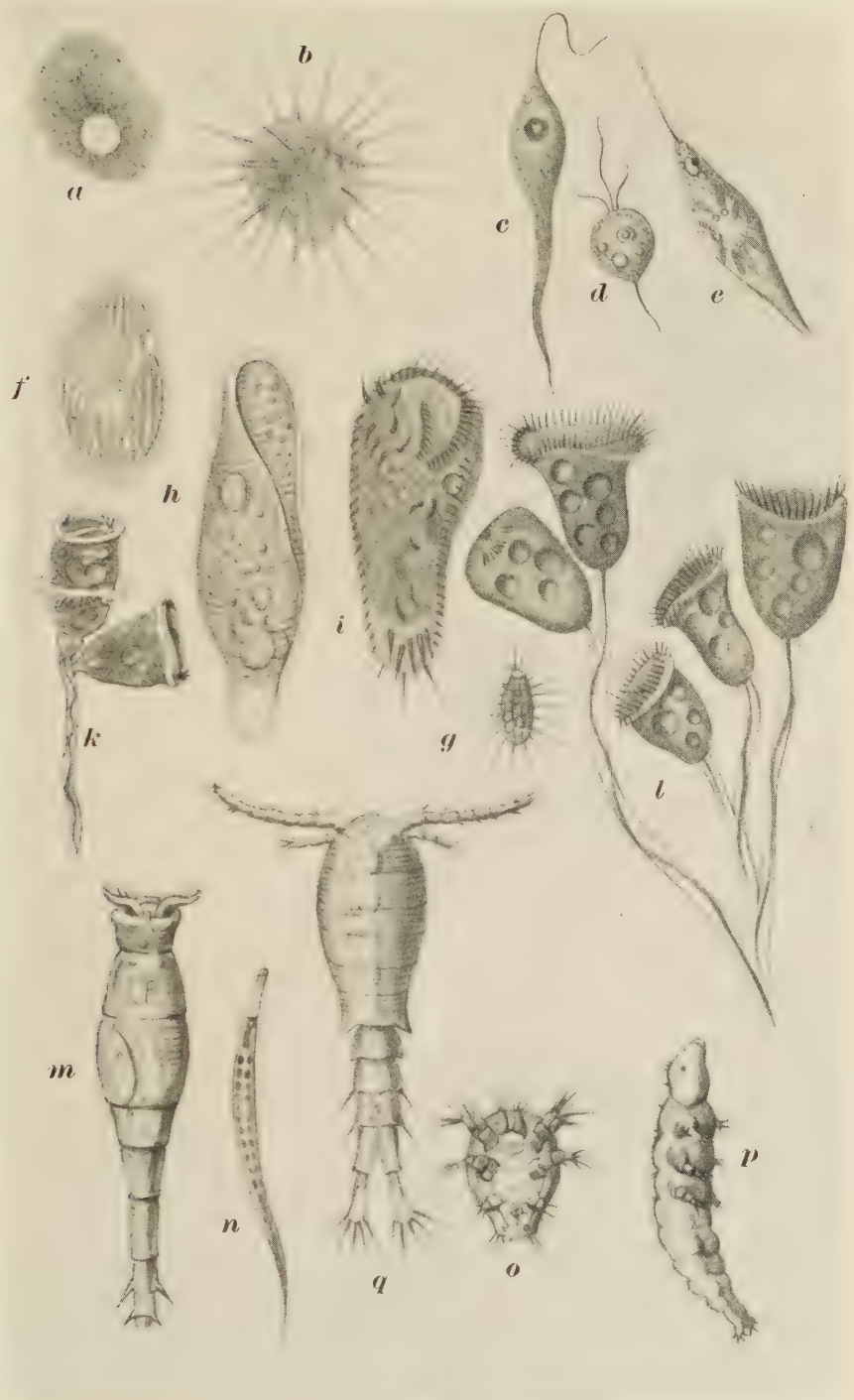
Die mikroskopische Untersuchung gibt über bestimmte Verunreinigungen des Wassers Aufschluß. Nach Lehmann (6) lassen sich unter den so außerordentlich mannigfachen, im Wasser gelegentlich vorkommenden Fremdkörpern mit Hilfe des Mikroskops nachweisen:

1. Tote, hineingespülte Gegenstände aus allen Reichen, die nicht direkt auf Verunreinigung des Wassers durch Menschen und Haustiere hinweisen:
   a) Sandkörnchen, Lehmpartikel, suspendierte unlösliche Huminkörper;
   b) Fragmente aus dem Pflanzenreiche: Holz- und Rindenpartikel, Gewebsstückchen krautartiger Pflanzen, speziell Strohhalme, Pollenkörner;
   c) Tierleichen und Stücke davon: Haare, Chitinpanzer von Insekten und Krustaceen usf.
2. Gegenstände, die direkt darauf deuten, daß Abfälle des menschlichen oder tierischen Haushalts in das Wasser gelangten:
   a) Fragmente von Gespinnstfasern: Baumwolle, Leinwand, Wolle usw.; Papier; Seifenlösung, Waschblau (Ultramarinkörnchen);
   b) Bestandteile von Stuhlentleerungen. Am beweisendsten sind natürlich kleine Kotklümpchen selbst von fäkaler Farbe und Geruch. Mikroskopisch sind zu beachten: namentlich Stärkekörner (auch sonst ungeschichtete Stärkesorten zeigen meist Schichtung nach Passieren des Darms); pflanzliches Gewebe, in frischem Kot oft gelb durch Galle gefärbt; Ueberreste von Fleischfasern, meist zu Schollen deformiert, matt glänzend, Querstreifung zuweilen, wenigstens an manchen Stücken erhalten, Gelbfärbung durch

Abbildung 111.



a = Oscillaria (500fach); b = Diatomeen (500fach); c = andere Algenformen (100—500fach); d = Beggiatoa alba (500fach); e = Crenothrix polyspora (500fach); f = Cladothrix (500fach); g = Sphaerotilus natans (1000fach); h = Leptomitus lacteus (150fach).
Nach Timann-Gärtner, Mez und Senft.



a = Amoeba verrucosa (200fach); b = Actinophrys sol (500fach); c = Cercomonas (600fach); d = Monas (600fach); e = Euglena viridis (400fach); f = Colpidium (250fach); g = Cyclidium (500fach); h = Paramaecium Aurelia (500fach); i = Stylonichia (250fach); k = Vorticella (250fach); l = Carchesium Lachmanni (250fach); m = Rotifer vulgaris (250fach); n = Anguillula (100fach); o = Wassermilbe (100fach); p = Bärtierchen (100fach); q = Cyclops quadricornis (100fach).
Nach Timann-Gärtner, Mez und Senft.

Galle haftet oft sehr fest (4 Wochen, Gärtner). Gekochtes oder rohes Fleisch, das den Darmkanal nicht passierte, ist grau und viel deutlicher quergestreift, die Ecken der Fragmente deutlicher. — Eier von parasitischen Darmwürmern.

3. Die in dem Wasser bzw. an den Wänden des Brunnenschachtes, der Leitungsröhren usw. lebenden Tiere und Pflanzen.

Die Beurteilung der Befunde bietet unter Umständen selbst für den Geübten große Schwierigkeiten. Sie wird erleichtert durch das Studium der mit ausgezeichneten Abbildungen versehenen diesbezüglichen Arbeiten von Mez (13), Ohlmüller und Spitta (11), Senft (14), Tiemann-Gärtner (12) usw., auf die hier verwiesen sei.

Regelmäßig im Flußwasser, sehr oft auch im Wasser älterer Brunnen werden Algen angetroffen, die an und für sich gesundheitlich von geringem Belang sind, bei üppiger Wucherung aber durch Fäulnis der abgestorbenen Massen zu größerer Verunreinigung des Wassers führen. Sie schwimmen bald frei, zu Flocken zusammengeballt, im Wasser umher, bald überziehen sie die Oberfläche der mit ihm in Berührung stehenden Steine oder Holzteile mit schleimiger Schicht. Die Algen haben bekanntlich verschiedene, meist grüne, gelbliche oder bräunliche Färbungen und bestehen teils aus länglichen Fäden, die aus zylindrischen oder kugligen Zellen aneinandergereiht sind, teils aus Zellflächen oder aus einzelligen Organismen. Besondere Beachtung verdienen unter ihnen die einen blaugrünen Farbstoff enthaltenden und, in großen Mengen vorkommend, üble Gerüche bildenden Phycochromaceen. Am häufigsten trifft man von ihnen die Gattung Oscillaria (Abb. 111a) an, die dickere oder dünnere unverzweigte schlanke Fäden bildet und aus kurzen Scheiben aufgebaut ist. Oscillariaarten werden z. B. im Bachwasser oft angetroffen und können diesem eine von weitem tiefschwarz erscheinende Färbung geben.

Einen häufigen Befund bilden im Wasser auch die Diatomaceen (Kieselalgen). Sie besitzen als charakteristisches Merkmal einen Kieselpanzer, dessen eigenartige Struktur durch Kochen mit Salpetersäure oder durch Glühen sichtbar gemacht werden kann. Zwischen zwei den Panzer zusammensetzenden Kieselschalen findet sich das Zellplasma, in dem ein gelber oder gelbbrauner Farbstoff in Körnern oder Platten eingelagert ist. Die Diatomeen, die die verschiedensten Formen aufweisen (Abb. 111b), sind selbständiger Bewegung fähig und hängen häufig paarweise oder zu mehreren zusammen.

Andere Formen von Wasseralgen sind in Abb. 111c abgebildet.

Von den im Wasser vorkommenden Pilzen, farblosen oder z. T.

durch eingelagertes Eisenoxyd oder Schwefeleisen rötlich, gelblich oder schwärzlich gefärbten Zellen, interessieren uns hier am meisten folgende:

Beggiatoa alba (Abb. 111d). Sie ist sehr verbreitet und bildet in unreinen Wässern, besonders im Winter, zarte, sehr lockere Uferbeläge. Aehnlich, aber seltener ist die sehr auffällige, pfirsichblütenfarbene Beggiatoa roseo-persicina.

Crenothrix polyspora (Abb. 111e). Ist nur in reinem eisenhaltigen Wasser zu finden, dann aber zuweilen in solchen Mengen, daß sich dicke Klumpen bilden, die die Röhren verstopfen, und deren spätere Fäulnis das Wasser verpestet. — Ihr ähnlich ist die weitverbreitete Cladothrix dichotoma (Abb. 111f).

Sphaerotilus natans (Abb. 111g). Bildet in offenen, stark verunreinigten Wässern flutende schleimige Flocken und Knollen, in Leitungsröhren längs der Wandungen derbe Häute. Die Fäden sind etwa 3 μ dick. Der Pilz findet sich vorwiegend in stark fließendem Wasser, besonders an seichten Stellen oder nahe der Oberfläche an Reisern, Wehren usw. Er hat ein ausgesprochenes Sauerstoffbedürfnis und pflegt in großer Ausdehnung namentlich im Herbst und Winter aufzutreten. Wasserproben, die mit Sphaerotilus stark verunreinigt sind, weisen nach längerem Stehen einen recht eigenartigen, widerlich süßen Geruch auf.

Leptomitus lacteus (Abb. 111h), auch Saprolegnia lactea, Wasserhaar, Wasserschimmel genannt, kommt in größeren Mengen auch in weniger verunreinigten Gewässern vor. Im offenen Wasser flutend ist er dem Sphaerotilus makroskopisch sehr ähnlich (fließartig), bildet an Wehren, Pfählen usw. dünnere Häute und Ueberzüge. Er zeigt mannigfache Farben, weiß, rötlich, schwarz — letztere Farbe namentlich in den älteren Partien, in denen durch Fäulnis Schwefelwasserstoff gebildet und Schwefeleisen niedergeschlagen wird. Die Pilzmassen haben einen dumpfig stinkenden Geruch. Mikroskopisch betrachtet, zeigen die etwa 40 μ dicken Fäden Verzweigungen und von Strecke zu Strecke Einschnürungen, die aber nicht durch eigentliche trennende Zwischenwände bedingt sind. Im Innern der Fäden fallen vereinzelte stark lichtbrechende Körnchen auf (Lehmann).

Aus dem niederen Tierreich werden in unreinem Wasser am häufigsten Rhizopoden, Infusorien, Rotatorien, Würmer und Arthropoden gefunden.

Die Rhizopoden (Wurzelfüßler) sind Schleimklümpchen mit homogenem Plasma, in dem Körnchen, Kerne, Vakuolen, auch Chlorophyllkörnchen, Nahrungsstoffe eingeschlossen sind. Sie weisen amöboide Bewegungen auf durch Ausstrecken und Einziehen von Pseudopodien. Hierher gehören die Amöben, die man z. B. im Schlamm von Brunnen

oder stehenden Gewässern, meist mit Algen vergesellschaftet, sehr oft nachweisen kann (Abb. 112a). Auch das sog. Sonnentierchen, Actinophrys sol, das nicht selten im Wasser angetroffen wird, gehört zu den Rhizopoden (Abb. 112b).

Die Infusorien bestehen aus einer mehr oder weniger deutlich abgrenzbaren äußeren Membran, einer stärkeren Rindenschicht, die einen oder mehrere Kerne und kontraktile Blasen enthält, und einem farblosen körnigen Protoplasma. Bei ungünstigen äußeren Lebensbedingungen können sie Zysten (Dauerformen) bilden. Unter ihnen werden im Wasser hauptsächlich Flagellaten und Ciliaten beobachtet. Erstere besitzen Geißeln und sind lebhaft beweglich. Am häufigsten findet man Monas, Cercomonas und Euglena viridis (Abb. 112c—e). Die Ciliaten sind durch das Vorhandensein von Wimpern und einer besonderen Mundöffnung charakterisiert. Die Formen, in denen sie uns im Wasser begegnen, sind außerordentlich mannigfach. Am bekanntesten sind Colpidium, Cyclidium, Paramaecium Aurelia, Stylonichia, Vorticella und Carchesium Lachmanni (Abb. 112f—l).

Die Rotatorien sind bilateral symmetrisch gebaut und bestehen aus einem Kopf, Rumpf und mehr oder weniger gegliederten Fuß. Der Mund ist von schwingenden Wimpern besetzt, deren lebhafte Bewegungen kleine Strudel erregen. Rotifer vulgaris (Abb. 112m) ist der häufigste Vertreter dieser Tierchen im Wasser.

Unter den im Wasser vorkommenden Würmern ist hauptsächlich die Anguillula (Abb. 112n) zu erwähnen. Ferner können bei Verunreinigung durch Fäkalien auch die Eier von Eingeweidewürmern (Taenia solium, Taenia mediocanellata, Botriocephalus latus, Ascaris lumbricoides, Oxyuris vermicularis, Trichocephalus dispar, Anchylostoma duodenale) angetroffen werden.

Auch Arthropoden kommen im Wasser vor. Hierher gehören z. B. die Wassermilben (Abb. 112o), die man sehr häufig antrifft, ferner die larvenartigen, mit 3 Fußpaaren versehenen Bärtierchen (Abb. 112p) und eine zu den Wasserflöhen gehörige kleine Krebsart, Cyclops quadricornis (Abb. 112q), die schon mit unbewaffnetem Auge sichtbar ist und schnellende zickzackförmige Bewegungen ausführt.

Der Nachweis der genannten Organismen gibt, wie gesagt, oft äußerst wertvolle Fingerzeige für die Beurteilung des Wassers. Die mikroskopische Untersuchung soll daher in keinem Falle unterlassen werden, wo eine Kommunikation des Wasserspenders mit Flüssen oder oberflächlich verlaufenden Rinnsalen als nicht ausgeschlossen gilt und besonders dort, wo gröberes Filtermaterial ein Reinwassersammelbecken von Flüssen usw. auf nicht zu weite Entfernungen trennt. Das

Passieren größerer Lebewesen des Oberflächenwassers läßt in überzeugender Weise das Vorhandensein grober Poren oder Spalten annehmen, die sonst nicht ohne weiteres zu vermuten sind.

Gewisse Arten der oben genannten Organismen werden mit Recht als sog. Charakterorganismen, also Leitpflanzen und Leittiere, für bestimmte Abwasserverunreinigungen angesehen, ihr Nachweis läßt sich in analoger Weise verwerten wie der Befund bestimmter Leitfossilien in der Geologie [Kolkwitz und Marsson (18)]. Besonders gilt dies für die Wasserpilze, Beggiatoa, Leptomitus, Sphaerotilus und andere, die in reinem Wasser nicht vorkommen.

4. Kapitel.

Die Ortsbesichtigung.

Die Besichtigung der Oertlichkeit, an der ein zu Trinkzwecken zu benutzendes Wasser entnommen werden soll oder entnommen wird, ist, wie wir gesehen haben, für dessen sachgemäße Beurteilung unerläßlich, und zwar nicht nur, wenn es gilt, auffallende Ergebnisse der physikalischen, chemischen, bakteriologischen oder mikroskopischen Untersuchung zu erklären, sondern auch bei einwandfreiem Untersuchungsbefund, wenn die Versorgungsanlage neu hergestellt oder irgendwie verändert worden ist. Von Zeit zu Zeit sollen alle Versorgungsanlagen einer fachmännischen Prüfung an Ort und Stelle unterworfen werden, weil sich allmählich oder in wenig auffälliger Form Schäden an ihnen einstellen können, die das Wasser zu gefährden imstande sind.

Zunächst seien hier die Aufgaben und Leistungen der Ortsbesichtigung kurz besprochen, die für die Auswahl einer neu einzurichtenden Wasserversorgungsanlage in Betracht kommen.

Soll ein Quellwasser zur Versorgung des Menschen herangezogen werden, so muß, wenn dies irgend angängig ist, das ganze tributäre Gebiet der Quellen eingehend besichtigt werden. Die persönliche Anschauung ist weit instruktiver als das Studium der Karte, die uns immer nur Direktiven, niemals aber zuverlässige Urteile an die Hand geben kann. Die Abgrenzung des Einzugsgebietes, das sich mit dem durch Talbildung und Wasserscheiden gekennzeichneten Niederschlagsgebiet bekanntlich nur selten deckt, macht mitunter große Schwierigkeiten, zu deren Ueberwindung geologische Vorkenntnisse unerläßlich sind. Die geologische Karte gibt uns nicht immer die notwendigen Aufschlüsse, und selbst wenn wir die wasserundurchlässigen Schichten an zahlreichen Stellen in dem betreffenden Gebiete anstehend finden

und ihren Verlauf zu ermitteln vermögen, so ist der „Horizont“ für die Wasserführung doch keineswegs immer schon hinreichend charakterisiert. Gelegentlich werden hydrologische Beobachtungen und Messungen dem Wasserbautechniker durch Vergleich der Niederschlagsmengen und der Quellergiebigkeit annähernd brauchbare Werte ergeben, aber bei ihrer Beurteilung ist Vorsicht notwendig, weil bekanntlich die Zahlen für den in den Boden sickernden Anteil der Niederschlagswässer außerordentliche Schwankungen aufweisen [Schattenfroh (21)].

Besonderes Augenmerk ist etwaigen menschlichen Ansiedelungen, gedüngten Feldern und sonstigen Verunreinigungsmöglichkeiten zu widmen. Wo, wie z. B. im Kalkgebirge, angenommen werden muß, daß die Niederschlagswässer im Boden nicht genügend filtriert werden, da wird man durch Ausschütten großer Mengen von Kochsalz (Viehsalz) an den besonders bedenklichen Stellen vielfach Aufschlüsse erhalten. Man hat schon häufig auf diese Weise den unterirdischen Zusammenhang weit entfernt gelegener Erdlöcher, oberflächlicher Wässeransammlungen oder Bäche mit Quellen oder aber die Undichtigkeit von Brunnenschächten und Rohrleitungen festgestellt. Der Chlorgehalt des betreffenden Wassers wird vor dem Ausschütten des Salzes mehrfach festgestellt und nachher in regelmäßigen Zeitabschnitten kontrolliert. Besteht ein Zusammenhang mit jenen verdächtigen Stellen, so wird er nach einer gewissen Zeit plötzlich in auffallender Weise ansteigen.

Mehr noch als Kochsalz sind für diese Zwecke Farbstoffmischungen empfehlenswert, deren Farbe vom Boden nicht zurückgehalten wird. Am meisten wird jetzt wohl das Fluorescein verwendet, das allerdings in saurem Boden ausgeschieden wird und daher ohneweiters nur für alkalischen Boden geeignet ist. Es wird daher am besten erst in stark alkalisiertem Wasser in solchen Mengen gelöst, daß dieses eine dunkelgrüne Farbe hat. Von dieser Lösung schüttet man dann große Mengen an den geeigneten Stellen aus und prüft das auf Zuflüsse zu untersuchende Wasser auf seine Opaleszenz. Selbst Mengen von 0,02 mg Fluorescein pro Liter sind im Wasser noch mit Sicherheit festzustellen, wenn dieses in hoher Schicht gegen einen dunklen Hintergrund betrachtet wird. — Auch riechende Stoffe, wie Saprol und Trimethylamin, können zu derartigen Nachweisen mit Erfolg herangezogen werden, ebenso Kulturaufschwemmungen farbstoffbildender Bakterien, die sonst im Wasser nicht vorkommen (Bac. prodigiosus, Bac. violaceus usw.). Durch den Zutritt der genannten riechenden Stoffe kann indes das Trinkwasser auf Tage und selbst Wochen hin

genußunfähig gemacht werden. Ueber die Verunreinigung unterirdisch verlaufenden Wassers wird häufig auch die Anlage von Schlagbrunnen und die Untersuchung aus ihnen entnommener Wasserproben wichtige Anhaltspunkte geben.

Alle diese Untersuchungsmethoden führen weit schneller zum Ziel, ihre Ergebnisse fallen mehr in die Augen und sind beweiskräftiger als diejenigen wiederholter chemischer Untersuchungen und Keimzählungen.

Bei der Entscheidung der Frage, ob ein Grundwasserfeld geeignet zur Anlage einer größeren Wasserversorgungsanlage ist, ist für die Ortsbesichtigung ebenfalls die Feststellung von besonderer Wichtigkeit, ob die Filtationskraft des Bodens als eine genügende angesehen werden kann, und ob bei Störungen derselben das Eintreten verunreinigender Zuflüsse zu befürchten ist. Vermutet man solche, so wird auch hier die Kochsalz- oder Fluoresceinprobe anzuwenden sein. Sind aber keine Stellen nachweisbar, von denen aus eine Verunreinigungsgefahr für das Grundwasser besteht, dann müssen systematische Untersuchungen des an verschiedenen Stellen durch Versuchsbrunnen zu gewinnenden Wassers vorgenommen werden, die über die physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie den Keimgehalt und die Gleichmäßigkeit des Verhaltens ein sicheres Urteil ermöglichen werden. Die geologische Eigenart der Gegend ist auch hier eingehend zu untersuchen (vgl. Abschnitt I dieses Bandes). Man muß, wenn es sich nicht um diluviale oder alluviale Bildungen handelt, den Verlauf der wasserführenden Schicht, etwaige wasserführende Spalten, Verwerfungen, Klüfte usw. berücksichtigen und wird durch die Besichtigung in der Nähe gelegener Sand- oder Kiesgruben und Erdfälle, ferner durch die Feststellung sichtbarer Grundwasseraustritte oder die Beobachtung von Sumpfbildungen wertvolle Aufschlüsse erhalten.

Ob ein ruhendes oder fließendes Grundwasser vorliegt, wird durch sogen. Spiegelaufdeckungen festgestellt. Man kontrolliert den Grundwasserstand in verschiedenen Bohrlöchern, die in größerer Entfernung von einander angelegt werden, bringt die Spiegel durch Nivellement auf einen gemeinsamen Horizont und wird dann durch Vergleiche unschwer ermitteln können, ob der Grundwasserspiegel horizontal oder geneigt ist. In ersterem Falle liegt ein ruhendes, im anderen ein fließendes Grundwasser vor. Nur letzteres eignet sich zur dauernden Entnahme größerer Wassermengen.

Des weiteren ist die Verlaufsrichtung des Grundwasserstromes, seine Geschwindigkeit und Ergiebigkeit festzustellen. Auf die Einzel-

heiten dieser durch einen hydrologisch besonders ausgebildeten Techniker vorzunehmenden Untersuchungen kann hier nicht näher eingegangen werden. Es sei nur bemerkt, daß die Richtung, in der das Wasser verläuft, und die Geschwindigkeit seiner Strömung durch das Einschütten von Kochsalz oder Farbstofflösungen in einzelne der angelegten Versuchsbrunnen und den Nachweis derselben im Wasser der anderen Bohrlöcher in einfacher Weise bestimmt werden kann, und daß für die Ergiebigkeit eine genaue Beobachtung der Absenkung, die der Grundwasserspiegel bei längere Zeit fortgesetztem Abpumpen erfährt, und der Schnelligkeit, mit der der frühere Stand wieder erreicht wird, maßgebend ist.

Bei der Beurteilung eines Oberflächenwassers, das zur Speisung von Versorgungsanlagen dienen soll, ist eine sorgfältige Ortsbesichtigung ebenfalls unerläßlich, weil nur durch sie die Zuflüsse erkannt und richtig gewürdigt werden können, die die Beschaffenheit des Wassers weitgehend beeinflussen und für die Verseuchungsgefahr bestimmend sind. Werden Abwässer aus Ortschaften oder einzelnen Gehöften einem Flußlauf zugeführt, so wird man damit rechnen müssen, daß mit ihnen unter Umständen auch Krankheitserreger in das Flußwasser gelangen und man wird dann eine Entnahme von Wasser zu Trink- und Gebrauchszwecken und auch das Baden unterhalb dieser Stelle untersagen müssen. Wie weit die als gefährdet anzusehenden Strecken zu bemessen sind, ist je nach der Wassermenge des Flusses, die für die Verdünnung des Abwassers entscheidend ist, dessen Strömungsgeschwindigkeit und -richtung sowie den sonstigen Faktoren, die die Selbstreinigungskraft bedingen, von Fall zu Fall verschieden zu beurteilen. Bei der Besichtigung von Flußläufen, Bächen usw. muß auch auf das etwaige Vorhandensein von Pilzmassen im Wasser geachtet werden. Wenn z. B. Sphaerotilus oder Leptomitus in dicken Flocken dahintreiben und an untergetauchten Aesten, Holzteilen usw. lange weiße Strähnen bilden, so ist damit bewiesen, daß hier erhebliche Verunreinigungen durch Abwässer vorliegen. Aehnliche Schlüsse können aus dem Nachweis sichtbarer Mengen von Beggiatoa und gewissen Algenvegetationen gezogen werden.

Welche Bedeutung hat nun die Ortsbesichtigung bei fertigen Wasserversorgungsanlagen?

Bei Brunnen gibt sie über die Beschaffenheit der näheren Umgebung Aufschluß. Häufig genügt schon ein kurzer Blick, um einen Brunnen als „infektionsverdächtig“ zu bezeichnen und dessen Wasser für Genuß- und Hausgebrauchszwecke zu verbieten. Wenn, wie das auf dem Lande so häufig noch der Fall ist, ein aus groben, nur not-

dürftig mit einander verbundenen Feldsteinen aufgebauter Brunnen dicht an der Dungstätte oder der Abortgrube steht, dann finden mit größter Wahrscheinlichkeit zeitweise, namentlich bei stärkerem Regenfall, aus diesen Zuflüsse durch die undichte Brunnenwand ihren Weg zum Wasser (Abb. 123). Wenn man die meist ebenfalls sehr undichte Abdeckung aufnehmen läßt, so sieht man Schmutzstreifen und Algenvegetationen an der Innenfläche der Brunnenwand, die den Weg bezeichnen, auf dem die unreinen Zuflüsse eintreten. Offensichtlich ist hier die Gefahr sehr groß, daß mit letzteren gelegentlich auch Krankheitserreger in das Brunnenwasser gelangen können, wenn z. B. Dejekte eines Typhuskranken auf der Dungstätte ausgeleert oder dessen Wäsche an dem Brunnen gewaschen wird.

Man wird also bei Schachtbrunnen die Nähe von Jauche- und Abortgruben sowie die Dichtigkeit der Abdeckung — besonders auch an der Stelle, wo etwaigenfalls der Pumpenstock aufgesetzt ist — und die Dichtigkeit der Brunnenwand feststellen, soweit letztere der Besichtigung zugänglich ist. Mit Hilfe von Spiegeln oder durch Hinablassen einer hellbrennenden Laterne in den Brunnenschacht kann man die einzelnen Stellen ausreichend beleuchten. Eisenhaltige Zuflüsse sind rötlichgelb, kalkhaltige weiß, Zuflüsse von Schmutzwasser haben meist eine graue oder schwärzliche Farbe und klebrige Beschaffenheit. Ist durch Wucherung von Moos usw. der Ort und die Art der Zuflüsse nicht mit Sicherheit zu ermitteln, so empfiehlt sich ein Abkratzen und Ausweißen der Brunnenwand und eine spätere Wiederholung der Untersuchung. Weiterhin ist zu prüfen, ob der Brunnen höher steht als die Umgebung, und ob das überschüssig abgepumpte Wasser in dichten Rinnsteinen weit genug abgeführt wird, oder ob es, mit allerhand Schmutzstoffen beladen, wieder in den Brunnen zurückfließen kann. Die Anforderungen, die an einwandfreie Brunnenanlagen zu stellen sind, werden später besprochen werden.

Bei Rohrbrunnen ist zu untersuchen, ob bei der Anlage die filtrierende Bodenoberfläche soweit zerstört wurde, daß ein Zutritt verunreinigten Oberflächenwassers bis zur wasserführenden Schicht in der unmittelbaren Umgebung des Brunnenrohres zu befürchten ist oder ob durch sorgfältige Umgebung desselben mit gut filtrierendem oder aber wasserundurchlässigem Material einer derartigen Gefahr vorgebeugt wurde.

Die aufgesetzten Pumpen bedürfen ebenfalls der näheren Besichtigung. Sie müssen in allen ihren Teilen vollkommen dicht verbunden sein und dürfen auch an der Stelle, wo der Pumpenschwengel

angebracht ist, keine großen Lücken aufweisen, die Staub und Schmutz freien Eintritt gewähren.

Bei Quellwasserversorgungsanlagen wird man die Quellfassung zu besichtigen und festzustellen haben, ob hier Verunreinigungsgefahren bestehen, oder ob das Wasser von seinem Austritt aus dem Erdreich an bis zu den Entnahmestellen im Versorgungsgebiet in undurchlässigen, allseits geschlossenen Rohrsträngen abgeleitet wird.

Auf die Gesichtspunkte, die bei der Besichtigung von Filteranlagen, Enteisenungsanlagen usw. zu beachten sind, wird später eingegangen werden.

5. Kapitel.

Künstliche Verbesserung des Wassers.

Welche Mittel stehen uns nun zur Verfügung, um die Eigenschaften eines Wassers, das zu Trink- oder Gebrauchszwecken herangezogen werden soll, zu verbessern? Die Kenntnis der hier inbetracht kommenden Verfahren und ihrer Leistungsfähigkeit ist deshalb von großer Wichtigkeit, weil für die Auswahl einer Wasserbezugsquelle die Frage der Besserungsfähigkeit sehr oft entscheidend ist. Wenn z. B. ein gegen Verunreinigungen geschütztes Grundwasser in reichlicher Menge ohne besondere Schwierigkeiten erschlossen werden kann, dann wird man es nicht aus dem Grunde verwerfen, weil es eisenhaltig ist. Ferner ist es von größter Bedeutung, die Wirksamkeit künstlicher Filtrationsverfahren zu kennen, wenn eine Stadt auf die Versorgung mit Oberflächenwasser angewiesen ist.

Wir wollen zunächst die

1. Enteisenungsverfahren

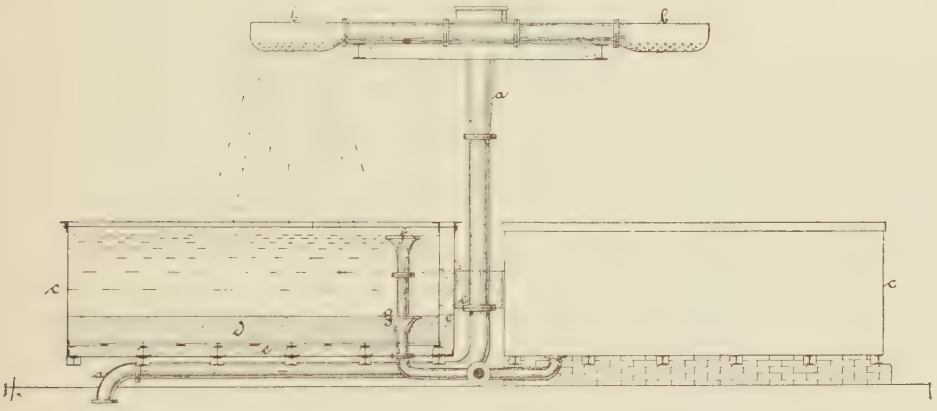
kurz besprechen. Wir hatten (S. 225) gesehen, daß im Grundwasser vielfach größere Mengen von Eisenoxydulsalzen gelöst sind, die bei inniger Berührung mit der atmosphärischen Luft zu unlöslichem Eisenoxydhydrat umgesetzt werden und durch dessen Ausfallen nicht nur das Aussehen und den Geschmack des Wassers beeinträchtigen, sondern auch Schädigungen der Leitungsrohre bedingen und die Verwendbarkeit des Wassers im Haushalt und in der Industrie herabsetzen.

Es gibt verschiedene Verfahren, die den Eisengehalt eines Grundwassers so weit zu beseitigen vermögen, daß irgendwelche schädliche Einflüsse von ihm nicht mehr zu befürchten und auch das Aussehen und der Geschmack als einwandfrei zu bezeichnen sind [s. Peters (22)].

Sie bestehen in der Regel aus zwei verschiedenen Vorgängen, der Durchlüftung des Wassers, die die erwähnte Oxydation des Eisens bewirken soll, und der Filtration, welche die Entfernung der Eisenoxydhydratflocken bezweckt.

Nach Oesten und Proskauer genügt es, wenn man das Wasser durch Brausen etwa 2 m hoch als Regenfall auf den Wasserspiegel eines Kiesfilters fallen läßt, dessen Wasserhöhe durch eine Reinwasserregulierkammer auf einer bestimmten Höhe gehalten wird (Abb. 113). Beim Durchtritt durch die 30 cm hohe Kiesschicht wird der Eisenschlamm abfiltriert. Die Filterbetten werden so eingerichtet, daß der Kies durch Rückspülung von unten gereinigt werden kann, wenn er

Abbildung 113.



Enteisenungsvorrichtung (System Oesten).
a = Wasserzulauf; b = Brause; c = Filterbecken; d = Filter; e = Reinwasseraustritt; f = Ueberfallrohr; g = Ablaufrohr für Filterspülung.

verschlammt ist, und daß das Spülwasser oberhalb der Filterschicht abfließen kann. Eine völlige Entfernung des Eisenansatzes an den Kieskörnern ist nicht erwünscht, weil dieser selbst vermöge seiner Attraktionskraft auf die sich bildenden Eisenflocken einen sehr wirksamen Bestandteil der Filtermasse bildet. Aus diesem Grunde brauchen frisch angelegte Filter auch längere Zeit, bis sie sich völlig eingearbeitet haben, d. h. bis sich die einzelnen Filterkörner mit einer dünnen Schicht von Eisenschlamm umgeben haben. Piefke hat empfohlen, das geförderte Wasser über Rieseler zu leiten, die in eisernen oder gemauerten Behältern etwa 3 m hoch aus Koksstücken aufgebaut sind, und nachher durch Sandfilter zu schicken, wie sie bei der Flußwasserreinigung gebraucht werden (Abb. 114). Ist die

oberflächlichste Sandschicht durch den Eisenschlamm derartig verstopft, daß sie nicht mehr in der wünschenswerten Weise filtriert, so wird sie abgehoben. Der Sand kann dann in besonderen Wasch-

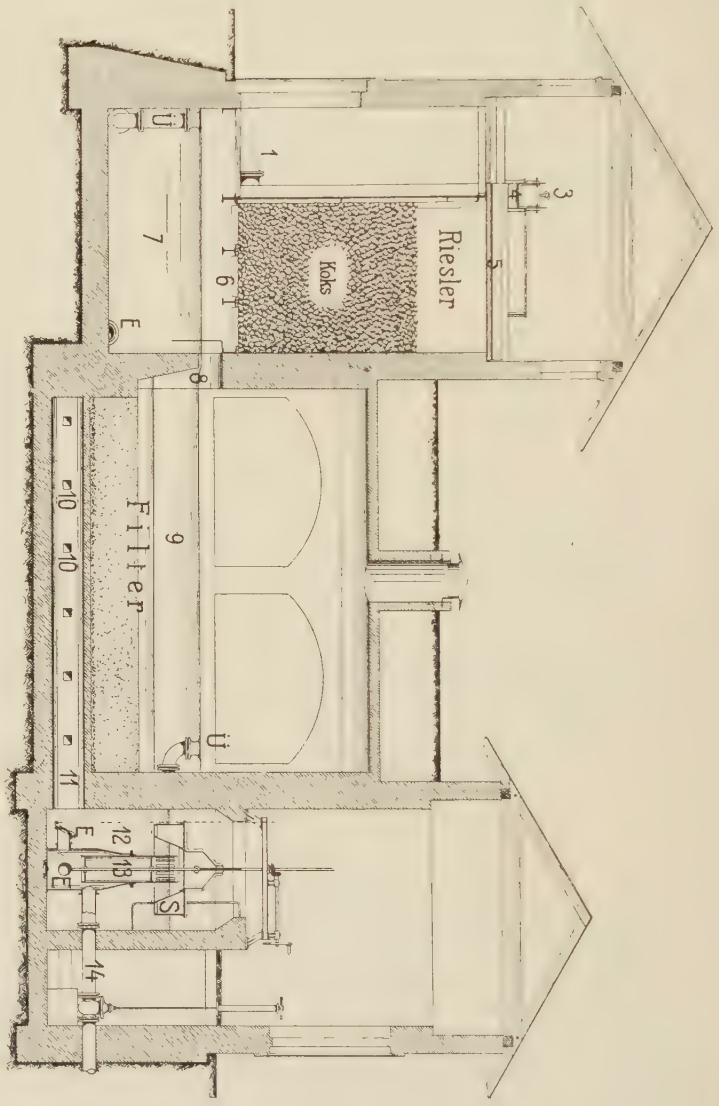


Abbildung 114.

Enteisenungsanlage (System Piefke).
1 = Steigrohr; 2 = Hauptrinne; 3 = Schütz; 4 = Zweigrinne; 5 = Wellblech; 6 = Rost; 7 = Absatzbecken oder Rieslersumpf; 8 = Ueberfall; 9 = Rohwasser; 10 = Sickerdohlen; 11 = Hauptsammler; 12 = Regulierkammer; 13 = Verstellbares Ueberlaufrohr; 14 = Reinwasserstrang; E = Entleerungen; Ü = Ueberläufe.
(Nach Prausnitz.)

vorrichtungen gereinigt und später wieder verwendet werden. Derartig gewaschener Sand wirkt besser, als frischer, weil in ihm ein gewisser Eisengehalt zurückbleibt, der ebenso wie es für den gereinigten Kies erwähnt wurde, die Eisenausscheidung aus dem Wasser beschleunigt.

Auch Hürden, die aus kreuzweise übereinander gestapelten, etwa 1 cm dicken Kiefernholzbrettchen bestehen und in besonderen Kammern aufgestellt sind, eignen sich, da sie eine große Oberfläche bieten, sehr zur Anlage von Rieselern. Es kommt nur darauf an, daß das Wasser gleichmäßig über sie hinweggeht. Der größte Teil des Eisens scheidet sich bei solchen Anlagen, wie sie z. B. bei den Berliner Wasserwerken bestehen, schon in den Verteilungsrinnen und auf den Hürden aus, nur etwa ein Zehntel geht noch als Oxydul zu den Filtern. Die Hürden und Rinnen lassen sich durch Druckwasser mittels Schlauch leicht reinigen [Anklam (23)].

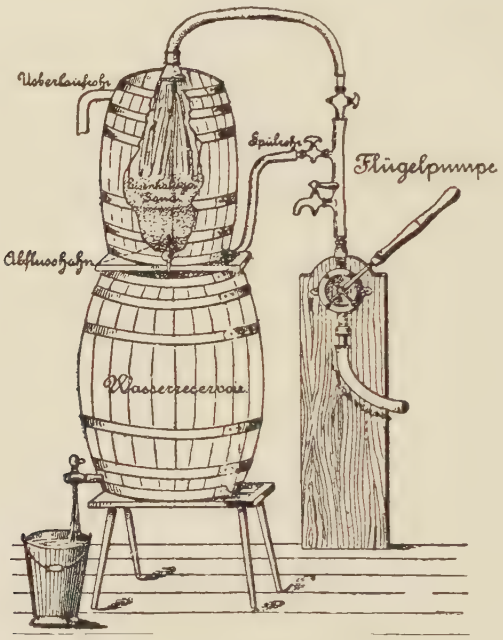
Nach von der Linde und Hess kann die Oxydation und Filtration dadurch in einen Akt vereinigt werden, daß das Wasser durch geschlossene hohe Behälter hindurchgeschickt wird, die mit Zinnoxyd imprägnierte Holzspäne in dichter Schichtung enthalten. Dem Zinnoxyd wurde eine besondere Wirksamkeit insofern zugesprochen, als es durch Abgabe von Sauerstoff den Oxydationsprozeß fördern sollte; es geben aber gewöhnliche Holzspäne denselben Erfolg, der eben nur durch die große Oberfläche und die Adsorption zu erklären ist. Die Imprägnierung mit Zinnoxyd hat nach Proskauer höchstens den Vorteil, daß dieses die Späne beschwert, eine dichtere Lagerung gestattet und somit den Filtrationseffekt steigert. Die Holzspäne lassen sich ebenfalls durch einfache Rückspülung genügend reinigen, so daß ein Auswechseln nur selten nötig wird. Von Helm sind Eisenerze (Raseneisenstein, Brauneisenstein) für diese Zwecke empfohlen worden.

Für die Enteisenung des Wassers in größeren Anlagen haben sich die zuerst genannten Verfahren, die in ihren Einzelheiten in der mannigfachsten Weise kombiniert und modifiziert worden sind, durchaus bewährt und überall Eingang gefunden. Bei großen Wasserwerken, die zuerst für Flußwasserversorgung errichtet waren, später aber zur Grundwasserlieferung übergingen, ließen sich die schon bestehenden Filteranlagen sehr gut zu Eisenfiltern verwenden (z. B. bei den Berliner Wasserwerken in Tegel und am Müggelsee).

Wie man auf einfachste Weise nach dem Oestenschen Prinzip unter Verhältnissen der Einzelversorgung Wasser enteisenen kann, zeigt Abb. 115. Das von Dunbar angegebene Verfahren besteht darin, daß man das mittels einer Flügelpumpe geförderte Wasser aus einer Brause in eine Tonne fallen läßt, die zur Hälfte mit einer 30 cm hohen Schicht gewaschenen feinen Sandes gefüllt ist und über dieser ein gelochtes Verteilungsblech trägt. Durch einen Abflußhahn tritt das filtrierte Wasser dann in eine zweite, darunter stehende Tonne, die als Reinwasserbehälter dient.

Bis sich solche aus gewöhnlichem Sand hergestellte Filter völlig eingearbeitet haben, vergehen unter Umständen mehrere Wochen. Wenn es darauf ankommt, möglichst schnell einen solchen Faßenteisener zu genügender Funktion zu bringen, so empfiehlt es sich, eisenhaltigen Sand zu verwenden, der durch Adsorption wesentlich rascher den Eisenschlamm abfiltriert. Man kann auch durch Uebereinanderstellen zweier Filtertonnen den Prozeß beschleunigen. Bei

Abbildung 115.



Faß-Enteisener nach Dunbar.

höherem Eisengehalt des Wassers (über 30 mg im Liter) ist dies allgemein zu empfehlen.

Zu einer guten und gleichmäßigen Funktion dieser Filter ist es weiterhin notwendig, daß von Zeit zu Zeit Ruhepausen gewährt werden, damit der die Filterkörner umgebende Eisenschlamm von neuem Sauerstoff aufnehmen kann, der für die Intensität des Enteisenungsprozesses von größter Bedeutung ist. Man wird dies sehr einfach dadurch erreichen können, daß man den Betrieb zeitweilig unterbricht und namentlich des Nachts bei geöffnetem Ablaufhahn die Filter trocknen läßt. Für genügend große Reinwasserbehälter ist Sorge zu tragen.

Wird bei starker Verschlammung des Sandes eine Reinigung notwendig, so läßt sich diese sehr einfach dadurch bewerkstelligen, daß man nach Entfernung des Verteilungsbleches den Sand innerhalb des Fasses durch reichliche Wassermengen unter Umrühren so lange durchspült, bis das oben ablaufende Spülwasser klar erscheint. Danach läßt man den Sand zur Ruhe kommen und noch etwa weitere 50 Liter unbenutzt hindurchtreten.

Sollen derartige Filter dauernd benutzt werden, so wird man anstatt der gewöhnlichen Tonnen zweckmäßig dauerhafte Behälter wählen. Für die Benutzung zur Winterszeit müssen sie naturgemäß frostsicher aufgestellt werden. Bei stationären Anlagen kann ein unterbrochener Betrieb auch auf selbsttätigem Wege erreicht werden, wenn man im Reinwasserbehälter einen Schwimmer anbringt, der das Rohwasser-Zuflußrohr bei hohem Wasserstande absperrt und beim Sinken wieder öffnet. Die Filter stehen dann zeitweise leer.

Vielfach werden zur Filtration des vorher gelüfteten Wassers in kleineren Betrieben auch die sogen. Kröhnkeschen Preßfilter verwendet. Sie bestehen aus zwei verstellbaren Siebplatten, die in einem metallischen Gehäuse angebracht sind und eine komprimierte Sandschicht zwischen sich fassen. Die Reinigung der letzteren kann durch Lockerung der Platten und kräftige Durchspülung bewirkt werden. Auch andersartige Filter sind natürlich für diese Zwecke bei kleineren Anlagen verwendbar.

Vom hygienischen Standpunkt aus sind allseitig geschlossene Systeme deshalb besonders zu empfehlen, weil bei ihnen eine Infektion des Wassers bei der Enteisenung ausgeschlossen ist. Bei großen Werken ist die Einrichtung geschlossener Enteisenungsanlagen natürlich nicht möglich.

Erwähnenswert ist noch die Erfahrungstatsache, daß man aus einem Röhrenbrunnen, der eisenhaltiges Wasser liefert, nach einfachem Eingießen von sauerstoffhaltigem Wasser für mehrere Tage eisenfreies Wasser erhalten kann. Dieses Verfahren wird namentlich im Manöver und im Felde, wo ein sonst guter Brunnen nur vorübergehend benutzt werden soll, ausgezeichnete Dienste leisen, führt aber bei längerer Anwendung naturgemäß zu einer allmählichen Verschlechterung des Brunnens durch den zurückbleibenden Eisenschlamm. — Nach Wernicke führt ferner die Vermischung von eisenhaltigem Wasser mit durch Huminsäuren braun gefärbtem Wasser einerseits zu einer schnelleren Enteisenung des ersteren, andrerseits zu einer Beseitigung der Huminfärbung [Peters (22)].

In welcher Weise sich an Brunnen, die eisenhaltiges Wasser

fördern, Enteisungsanlagen herstellen lassen, wird später (S. 265 und 271) zu besprechen sein.

Ebenso wie das Eisen, läßt sich auch Mangan meist aus dem Wasser durch kräftige Lüftung und langsame Filtration durch scharfen Sand fast vollständig entfernen. Vielfach erweist sich hier ein vorheriger Zusatz von Aetzkalk oder Kaliumpermanganat zum Wasser als vorteilhaft.

Neuerdings werden als Filtermaterial für eisen- und manganhaltiges Wasser auch künstliche Zeolithe (basische Aluminiumsilikate) empfohlen, die unter dem Namen „Permutit“ in den Handel gebracht werden [Gans (24)]. Die Permutite sind gekörnte, in Wasser und alkalischen Flüssigkeiten unlösliche, für diese aber leicht durchlässige Substanzen. 1 kg Kalziumzeolith tauscht eine dem Gehalt an Kalzium äquivalente Menge von Natrium, Kalium, Magnesium, Eisen, Mangan usw. aus. Durch Waschen mit Kalzium- oder Kalziumnatriumchloridlösung lassen die Silikate das Eisen bez. das Mangan unter Eintausch von Kalk oder Natron wieder in Lösung gehen; sie können also fortlaufend regeneriert werden.

Das an Huminsäuren gebundene Mangan ist, ebenso wie das huminsaure Eisen, schwer zu beseitigen.

2. Klärung, Keimbeseitigung und Enthärtung durch Chemikalien.

Chemikalien sind in der verschiedensten Form zur Verbesserung trüber, bakterienreicher oder in Geruch und Geschmack schlechter Wässer empfohlen worden. Im Allgemeinen ist man heute wenig geneigt zu einer dauernden Verwendung chemischer Mittel, weil sie den Geschmack des Wassers doch fast alle in mehr oder weniger hohem Grade beeinträchtigen, und weil sich bei der Heranziehung der neueren Untersuchungsmethoden (Anreicherungsverfahren) herausgestellt hat, daß durch sie eine Vernichtung der im Wasser vorhandenen Keime, also auch etwaiger Krankheitserreger, auch nicht annähernd mit der Sicherheit erreicht wird, die man früher annahm.

Immerhin aber ist die Wirkung einiger Mittel, namentlich wenn sie in Verbindung mit andern Reinigungsverfahren (Filtration) angewendet werden, eine so gute, daß ihre Besprechung angezeigt erscheint.

Ausgedehnte Verwendung zur Klärung trüben Wassers findet vor allem Alaun. Es ist selbst in einer Verdünnung von 1 : 10000 noch wirksam und ruft einen großflockigen, aus Gips, Tonerdehydrat und Kalziumsulfat bestehenden Niederschlag hervor, der die Trübungen mit zu Boden reißt. Der fade und zusammenziehende Geschmack läßt sich nach Kirchner dadurch beseitigen, daß man dem mit Alaun (0,4 g auf 1 Liter) versetzten Wasser nach $^1/_4$ Stunde 0,2 g

Natrium bicarbonicum oder aber gleichzeitig Kalkwasser (60 ccm Kalkwasser + 0,35 g Alaun auf 1 Liter) hinzufügt. Der sich bildende Niederschlag setzt sich in etwa 2 Stunden ab.

Aehnlich wie Alaun wirkt Eisenchlorid. Man fügt am zweckmäßigsten dem Wasser auf 1 Liter 0,3—0,45 g Liq. ferri sesquichlorati und 0.2—0.3 g doppelkohlensaures Natron unter längerem Umrühren zu und gießt, wenn sich der Niederschlag nach etwa $^1/_2$ Stunde genügend abgesetzt hat, das klare Wasser ab oder filtriert durch ein Wattefilter.

Auch Chlorkalk ist zur Verbesserung des Wassers, namentlich zur Beseitigung der Bakterien vielfach empfohlen worden. Er wirkt aber für sich einigermaßen zuverlässig nur in größeren Mengen, die praktisch nicht anwendbar sind, und bedingt einen widerlichen Chlorgeschmack, der sich auch durch spätere Zugabe von Natriumsulfit bez. Kalziumsulfit nicht völlig entfernen läßt.

Eine Verbindung der Wirkung des Chlorkalks und des Eisenchlorids wird bei dem sogen. Ferrochlorverfahren Duyk (System Howatson) angestrebt. Die beiden Chemikalien werden durch besondere Apparate in dem Wasser verteilt. Nachher wird das Wasser von dem sich bildenden Eisen-Niederschlag getrennt, wobei letzterer als filtrierende Schicht wirkt. Das aus dem Chlorkalk durch den Zusatz von Eisenchlorid freiwerdende Chlor soll in statu nascendi auf die im Wasser enthaltenen Bakterien abtötend einwirken. Eine sichere Sterilisierung wird nicht erreicht, doch läßt sich das Verfahren nach den Untersuchungen von Thumm und Schiele (25) unter besonderen Verhältnissen zur Klärung eines gefärbten und durch tonige Bestandteile getrübten Oberflächenwassers mit gutem Erfolg verwenden, wenn seine Wirksamkeit einer ständigen wissenschaftlichen Ueberwachung unterworfen wird.

Zur Sterilisierung eines verdächtigen Wassers sind noch eine ganze Reihe weiterer Chemikalien, z. B. Brom, Wasserstoffsuperoxyd usw. empfohlen worden. Sie alle sind aber, wie u. a. Hetsch (26) zeigte, nicht zuverlässig und daher zu verwerfen.

Von den chemischen Mitteln, die eine Vernichtung von Bakterien im Wasser bezwecken, muß zurzeit als das zuverlässigste das Ozon gelten. Dieses vermag, wie die Untersuchungen von Ohlmüller und Prall, Proskauer und Schüder u. a. gezeigt haben, die Mikroorganismen im Wasser mit weitgehender Sicherheit abzutöten, ohne daß es, wie alle anderen für diesen Zweck herangezogenen Chemikalien, den Geschmack des Wassers beeinträchtigt. Das Ozon, dessen Molekül bekanntlich aus 3 Sauerstoffatomen zusammengesetzt ist, zersetzt sich sehr leicht.

Bei seinem Zerfall binden sich 2 seiner Atome zu einem Molekül des gewöhnlichen Sauerstoffes zusammen, während das dritte Sauerstoffatom frei wird und nun in statu nascendi stark oxydierend wirkt. Diese Oxydationswirkung bedingt die Keimvernichtung und auch die Beseitigung von etwaigen organischen Bestandteilen, die den Geruch und den Geschmack des Wassers beeinträchtigen. Auch zur Entfernung von organischem, durch Lüftung nicht ausfällbarem Eisen läßt sich das Ozon mit großem Vorteil verwenden. Wichtig ist, daß unbedenklich mit einem beliebigen Ueberschuß von Ozon gearbeitet werden kann. Gerade hierin liegt ein großer, die Sicherheit der Wirkung ungemein erhöhender Vorzug des Ozonverfahrens gegenüber der Verwendung anderer chemischer Mittel, deren Gewichtsmengen genau dem sich unter Umständen täglich ändernden Reinheitsgrad des Wassers angepaßt werden müssen, wenn ein bleibender störender Gehalt des Sterilisationsmittels oder der Zersetzungssalze desselben vermieden werden soll. Das Ozon ist im Wasser als solches nur kurze Zeit haltbar und zerfällt bald zu gewöhnlichem Sauerstoff, der den Geschmack des Wassers ja nicht irritieren kann. Die Ozon-Anlagen sollen später beschrieben werden.

Deeleman (27) hat neuerdings zur Sterilisation des Wassers die Behandlung mit ultraviolettem Licht unter Verwendung von Quarzlampen empfohlen und auch einen fahrbaren Apparat für diesen Zweck konstruiert. Das Wasser soll zunächst ein aus Holzkohle oder Koks und einer darüber befindlichen Zelluloseschicht bestehendes Grobfilter und dann ein Berkefeldfilter (S. 254) passieren, ehe es der Wirkung des Lichtes ausgesetzt wird. Ob sich ein solches Verfahren bewähren wird, muß die Zukunft lehren.

Handelt es sich darum, ein sehr hartes Wasser vor seiner Verwendung zur Kesselspeisung, zu Waschzwecken und dergl. von seinen Kalk- und Magnesiasalzen zu befreien, so kann nach Gans (24) die Filtration durch Natriumpermutit mit Erfolg herangezogen werden. Es findet hier ein Austausch der härtebildenden Bestandteile des Wassers statt, sodaß in das Filtrat nur die entsprechenden Mengen doppeltkohlensauren bez. schwefelsauren Natriums übergehen. Durch Ueberleiten einer Kochsalzlösung läßt sich das Permutit (s. S. 248) wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurückverwandeln und ist dann von neuem gebrauchsfähig. Ist die Härte des Wassers hauptsächlich durch den Kalk des Kalziumsulfates bedingt, so läßt man es nach einander ein Strontium- und Kalziumaluminiumfilter passieren.

Nach v. Esmarch (5) läßt sich eine Enthärtung auch durch Zusatz von Kalkwasser oder Soda und nachfolgendes Klären oder Filtrieren mittels Filterpressen erreichen. Das Wasser wird zunächst in einem Vorwärmer auf 60—70° erhitzt und dann mit Kalkmilch versetzt, bis empfindliches Lackmuspapier eben gebläut wird. Darauf

folgt ein Zusatz von Soda in solchen Mengen, daß etwa 24 ccm einer 80 proz. Sodalösung auf einen deutschen Härtegrad kommen.

3. Filtration.

Das hauptsächlich angewandte Mittel, um ein von vornherein unklares oder seiner Herkunft nach verdächtiges Wasser für die Zwecke des Menschen brauchbar zu machen, ist seit altersher die künstliche Filtration, die der natürlichen Bodenfiltration nachgebildet ist. Wenn ein an suspendierten Bestandteilen reiches Wasser langsam durch eine genügend dicke Sandschicht hindurchgeschickt wird, so gibt es in ihr nicht nur die Schwebestoffe und mit ihnen die Bakterien zum größten Teil ab, sondern erfährt auch in seiner chemischen Beschaffenheit unter Umständen erhebliche Veränderungen.

Salpetrige Säure und Ammoniak verschwinden aus dem Wasser, die Menge der oxydierbaren Stoffe nimmt durchweg etwas ab, während die Rückstandsmengen, der Kalk- und Chlorgehalt, unbeeinflußt bleiben. Widriger Geruch oder Geschmack werden entfernt oder stark abgeschwächt (Gärtner). Um die bei der Filtration wirksamen Faktoren voll und ganz zur Geltung zu bringen, die nicht nur in der mechanischen Zurückhaltung der suspendierten Teile, sondern auch in der Flächenwirkung (Attraktion und Adsorption) und in durch Bakterienwucherung hervorgerufenen oder unterstützten chemischen Vorgängen bestehen, muß das Filter derart aufgebaut sein, daß das Wasser zunächst durch eine dicke Schicht feinen Sandes hindurchtritt. Unter dieser ist eine dünnere Lage von grobem Sand, dann eine Schicht feiner Kies und schließlich eine Schicht grober Kies gelagert. Ueber dem Boden des Filters werden meist noch Steinpackungen vorgesehen, aus denen die Reinwasserkanäle das Wasser abführen (Abb. 127). Das Filter muß genügend „eingearbeitet“ sein, wenn es gut und gleichmäßig funktionieren soll. Am zweckmäßigsten wird es zunächst von unten her mit reinem Wasser bis zur Oberfläche angefüllt, damit sich die einzelnen Schichten richtig lagern. Alsdann läßt man Rohwasser in größerer Menge von oben zulaufen und längere Zeit auf dem Filter ruhig stehen. Die suspendierten Bestandteile des Wassers senken sich allmählich auf die Oberfläche des Sandes nieder und bilden hier eine äußerst feine, mit bloßem Auge nicht sichtbare Schlammschicht („Filterhaut“). Letztere ist die eigentlich filtrierende Schicht, denn nach ihrer vorsichtigen Entfernung steigt der Keimgehalt des Reinwassers, wie man sich durch die bakteriologische Untersuchung leicht überzeugen kann, weit über die

vorher festgestellten Werte an, um hernach erst allmählich wieder zu sinken. Die unter diesem Schlammüberzug gelegene Sandschicht hält weiterhin den größten Teil der bisher nicht abfiltrierten Bakterien zurück.

Wenn sich die Schlammschicht in genügender Dicke gebildet hat, was je nach der Beschaffenheit des Rohwassers in 12—24 Stunden der Fall sein wird, dann läßt man das Reinwasser langsam ab und nunmehr Rohwasser weiter zutreten. Die Filtration geht dann ungestört vor sich. Ueber die zu wählende Filtrationsgeschwindigkeit, d. h. diejenige Wassermenge, die in der Zeiteinheit durch eine bestimmte Filterfläche hindurchtritt, müssen Vorversuche entscheiden; sie ist je nach der Menge der im Rohwasser suspendierten Bestandteile und der Beschaffenheit der einzelnen Filterschichten auf Grund praktischer Erfahrungen verschieden zu bestimmen, soll aber 10 cm (d. h. 100 Liter auf 1 Quadratmeter Filterfläche) in der Stunde nicht überschreiten. Je mehr Wasser das Filter passiert hat, desto dichter wird naturgemäß die oberflächliche Schlammschicht, desto besser, aber auch desto langsamer geht die Filtration vor sich. Man kann dann den Filtrationsdruck vorsichtig und allmählich steigern, darf aber hierbei die durch die Erfahrung ermittelte Grenze nicht überschreiten, weil sonst die feine Schlammschicht an dieser oder jener Stelle zerreißt und der Filtrationseffekt gefährdet wird.

Ist diese Grenze erreicht, hat sich, wie man es nennt, das Filter „totgearbeitet", dann muß die oberflächlichste Sandschicht vorsichtig abgehoben und das Filter von neuem zum Einarbeiten in der geschilderten Weise angesetzt werden. Ist die Sandschicht durch ein wiederholtes derartiges Abheben soweit geschwächt, daß sie die erforderliche Stärke nicht mehr besitzt, so ist sie durch Aufbringen neuen gewaschenen Sandes bis zu ihrer ursprünglichen Höhe wieder zu ergänzen.

Auf die Anforderungen, die im Einzelnen an die Einrichtung und den Betrieb von Sandfiltern zu stellen sind, soll später bei der Beschreibung der Filteranlagen (S. 275) näher eingegangen werden.

Was die Leistungsfähigkeit dieser sogen. langsamen Sandfiltration (im Gegensatz zu den Schnellfiltrationsverfahren) betrifft, so wird durch richtig konstruierte und gleichmäßig bediente, d. h. niemals überlastete Filter auch ein stärker verschmutztes Oberflächenwasser, wie wir es in unseren Flußläufen meist vor uns haben, in ausgezeichneter Weise gereinigt. Bei hinreichender Ueberwachung des Betriebes (S. 296), die in den Ergebnissen regelmäßiger Keimzählungen die wertvollsten Anhaltspunkte für die Beurteilung des Filtrationseffektes

findet, sind Einwendungen gegen die Benutzung filtrierten Oberflächenwassers zu Trinkzwecken vom Standpunkte der Hygiene im allgemeinen nicht zu erheben. Man muß sich aber von vornherein darüber klar sein, daß ein absolut keimfreies Wasser auch durch die aufs beste angelegten und sorgfältigst kontrollierten Sandfilter niemals erreicht wird. Aber von mehreren Tausend Bakterien, die in einem Kubikzentimeter des Rohwassers vorhanden sind, werden doch nur vereinzelte das Filter passieren. Da der bei weitem größte Teil der Wasserbakterien harmloser Art ist und krankheitserregende Arten erfahrungsgemäß, wenn sie in das Rohwasser gelangten, in verhältnismäßig geringen Mengen in ihm vorhanden sind und keine große Widerstandsfähigkeit besitzen, so ist die Gefahr, daß gerade sie trotz sachgemäßer Filtration in das Reinwasser übergehen sollten, im allgemeinen eine geringe. Immerhin erfordert die bereits früher erwähnte Erfahrung, daß durch mangelhaft filtriertes Oberflächenwasser z. B. Typhus- und Choleraepidemien entstehen können, weitgehende Vorsichtsmaßregeln speziell beim Herrschen übertragbarer Krankheiten in der Umgebung der Wasserentnahmestelle.

Neben der langsamen Sandfiltration hat, namentlich in letzter Zeit, ein Schnellfiltrationsverfahren weitgehende Beachtung gefunden, das in Amerika mit gutem Erfolge zur Reinigung von Flußwässern herangezogen wird. Es beruht auf der Verwendung von schwefelsaurer Tonerde, die in kalkhaltigem Wasser einen flockigen Niederschlag von Tonerdehydrat bedingt, der die Schwebestoffe mit sich zu Boden reißt. Je nach dem Grade der zu beseitigenden Trübung setzt man zu 1 cbm Wasser 20—40 g schwefelsaure Tonerde und läßt das den Schmutz einschließende Aluminiumhydrat in besonderen Klärbassins sich absetzen. Nachher wird das geklärte Wasser durch Sandfilter (sogen. Jewell-Filter), deren Einrichtung später geschildert werden soll, mit erheblicher Filtrationsgeschwindigkeit hindurchgeschickt. Die Leistungen dieses Verfahrens werden sehr gerühmt.

Außer den namentlich für den Großbetrieb in Betracht kommenden Sandfiltern ist eine große Zahl von sogen. Kleinfiltern empfohlen worden, die für die Filtration geringerer Wassermengen dienen sollen. Unter den hierher gehörigen, von Plagge (28) näher beschriebenen Filtermaterialien verschiedendster Art (Kohle, Koks, Badeschwamm, Eisenschwamm, Filz, Fries, Scheerwolle, Cellulose, Sandstein, Bimstein, Papier, Tierkohle, Asbest, poröse Tonkörper, Kieselgur, Porzellanerde usw.) sind nur wenige geeignet, bei längerem Gebrauch ein, wenn auch nicht völlig keimfreies, so doch in seinem Keimgehalt und seinen sonstigen Eigenschaften wesentlich verbessertes

Wasser zu liefern. Bei allen diesen Filtern besteht, wie von vornherein zu betonen ist, die Gefahr, daß sich die zurückgehaltenen Bakterien in der Filterwand festsetzen, sich vermehren und das Filter durchwachsen. Es kann dann unter Umständen das filtrierte Wasser keimreicher sein als das Rohwasser. Eine weitgehende bakteriologische Kontrolle solcher Filter ist also unbedingt notwendig. Die Ergiebigkeit der Filter nimmt zudem meist schnell ab, und es wird daher eine häufige Reinigung erforderlich, die die Filterwand mit der Zeit schädigt.

Ein im allgemeinen sehr brauchbares Material für Kleinfilter ist fein zerfaserter Asbest, der entweder für sich gepreßt oder mit anderen Materialien verbunden in der verschiedensten Form zur Anwendung kommt. Erwähnt seien hier die Breyerschen Filter, bei denen auf einen hohlen, mit Tuch überspannten Metallkern Asbest in feiner Verteilung aufgeschwemmt ist. Die Filtermasse kann, wenn die Ergiebigkeit nachläßt, leicht erneuert werden. — Bei den sogen. Sucro-Filtern besteht das filtrierende Medium aus einem besonders präparierten Asbestgewebe, in dessen Webemaschen eine Tonerdeverbindung eingebrannt ist. Der Filtermasse wird eine große Dauerhaftigkeit nachgerühmt. Die Form der Sucrofilter kann beliebig gewählt werden. Für die Filtration größerer Wassermengen werden sie als Kastenfilter eingerichtet, die je nach ihrer Größe mehr oder weniger einzelne Filterelemente enthalten. Außer Standfiltern werden auch fahrbare Sucro-Filter, die mit einer Pumpe auf kleinen Wagen montiert sind, hergestellt.

Derartige Asbestfilter klären und schönen trübes Wasser in ausgezeichneter Weise, können aber ein völlig bakterienfreies Filtrat nicht liefern.

In dieser Hinsicht sind bedeutend zuverlässiger die Porzellanfilter nach Pasteur-Chamberland, die meist in Kerzenform hergestellt werden. Die für hohen Filtrationsdruck eingerichteten Kerzen liefern nach v. Esmarch (5) etwa 5—6 Tage lang ein keimfreies Wasser, sind aber wenig ergiebig und daher nur in größerer Zahl, zu Filterbatterien vereinigt, brauchbar. Die Reinigung erfolgt durch Auskochen und Ausglühen und erfordert bei der Empfindlichkeit des Materials große Vorsicht. Die für niedrigen Druck hergestellten Kerzen versagen schneller und sind noch empfindlicher.

Am bekanntesten sind die Berkefeld-Filter, die aus Kieselgur hergestellt werden. Sie sind viel ergiebiger (etwa um das 5—10 fache) als die Porzellankerzen und halten eine gewisse Zeit hindurch ebenfalls alle Bakterien zurück, wenn sie richtig hergestellt und vorsichtig

behandelt werden. Das Material ist sehr empfindlich, doch sind die Kerzen bei schonender Behandlung einige Wochen oder Monate haltbar.

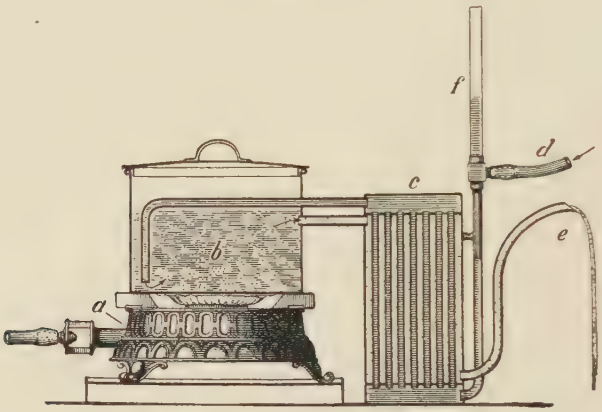
Die Reinigung und Sterilisierung, die mindestens alle 3—4 Tage, bei starker Benutzung für erheblich verunreinigtes Wasser aber täglich erfolgen muß, wird nach Abreiben der Oberfläche mit Loofahschwamm durch Auskochen vorgenommen. Zu beachten ist, daß die Kerzen in kaltem Wasser zum Kochen angesetzt und nach diesem allmählich im Wasser erkalten müssen, weil sich durch plötzliche Erhitzung und Abkühlung leicht Sprünge und Risse in der Filterwand bilden, die die Keimdichtigkeit aufheben. Die Technik der Herstellung ist noch nicht soweit vorgeschritten, daß die verwendete Infusorienerde stets eine gleich dichte Beschaffenheit aufweist. Einzelne Kerzen geben von vornherein kein keimfreies Filtrat, in anderen sind die im Filtergewebe vorhandenen kapillarähnlichen Hohlräume an einzelnen Stellen so mit einander verbunden, daß ein Durchwachsen der Bakterien sehr erleichtert wird. Zum mindesten muß also vor Ingebrauchnahme jede einzelne Kerze einer bakteriologischen Prüfung unterzogen werden, wenn ein voller Erfolg der Filtration gewährleistet werden soll. Derartige Prüfungen, die wenn angängig von Zeit zu Zeit zu wiederholen sind, werden am zweckmäßigsten in der Weise vorgenommen, daß ein künstlich mit Aufschwemmungen harmloser Wasservibrionen infiziertes Wasser filtriert, und das Filtrat nachher unter Heranziehung des Peptonwasser-Anreicherungsverfahrens auf Vibrionen untersucht wird.

4. Abkochen des Wassers.

Das sicherste Verfahren, ein verdächtiges Wasser zum Genuß unschädlich zu machen, ist und bleibt das Abkochen. Alle als Krankheitserreger in Betracht kommenden Mikroorganismen werden mit Sicherheit abgetötet, wenn das Wasser auf 100° oder (bei Ueberdruck) höher erhitzt wird. Das Kochen ist überall mit den einfachsten Mitteln durchführbar und nimmt dem Rohwasser unter Umständen auch sonstige schlechte Eigenschaften dadurch, daß übler Geruch und Geschmack beseitigt und gewisse gelöste Substanzen ausgeschieden werden. Allerdings haftet dem gekochten Wasser ein fader Geschmack an, der ihm die erfrischende Wirkung des natürlichen Wassers nimmt. Aber dieser Kochgeschmack kann durch Lüftung und Filtration durch Bimsteinpulver leicht entfernt oder aber durch Zusatz von Zitronensäure, Teeaufguß usw. verdeckt werden. Die schnelle Abkühlung des gekochten Wassers, die unbedingt nötig ist, wenn das Wasser zu Trinkzwecken verwendet werden soll, macht

unter Umständen, namentlich bei größeren Mengen, Schwierigkeiten. Eine große Anzahl von Apparaten, die speziell für diesen Zweck konstruiert sind, haben daher besondere Kühlvorrichtungen für das abfließende Sterilwasser. Abb. 116 gibt den Siemensschen Kochapparat wieder, dessen Kühlvorrichtung (Gegenstromprinzip) vorbildlich geworden ist. Am vollkommensten sind in jeder Hinsicht heute wohl die Trinkwasserbereiter der Firma Rud. A. Hartmann (früher Rietschel und Henneberg), die in der Stunde je nach ihrer Größe

Abbildung 116.



Siemensscher Kochapparat.
a = Gasbrenner; b = Wasser im Kessel; c = Kühlgefäß; d = Wasserzufluß; e = Wasseraustritt; f = Reguliervorrichtung.

bis zu 1000 l sterilen, abgekühlten Wassers liefern und sowohl als stationäre, als auch als transportable Anlagen Verwendung finden. Die in der Armee eingeführten fahrbaren Trinkwasserbereiter und die entsprechenden tragbaren Apparate sollen später eingehender besprochen werden.

6. Kapitel.

Die Einrichtung von Wasserversorgungsanlagen.

Die Wasserversorgungsanlagen sollen für Trink- und Hausgebrauchszwecke einwandfreies Wasser in stets gleicher Beschaffenheit und genügender Menge liefern. Soweit es sich nicht um Wasser handelt, das ausschließlich technischen Zwecken dient, müssen daher an die Einrichtung, den Betrieb und die Ueberwachung öffentlicher Wasserversorgungsanlagen vom Standpunkt der Gesundheitspflege weitgehende Anforderungen gestellt werden. Die hierfür maßgebenden

Gesichtspunkte, die naturgemäß auch für die speziellen Verhältnisse der Wasserversorgung der Truppen Gültigkeit haben, sind in einer vom Reichsgesundheitsrat ausgearbeiteten „Anleitung“ (19) und der zu ihrer Durchführung in Preußen erlassenen „Anweisung“ (20) zusammengestellt.

A. Regenwasser-Versorgungsanlagen.

Besondere Anlagen, die zur Versorgung des Menschen mit Meteorwasser dienen, werden in unseren Gegenden nur sehr selten anzulegen sein. Das Regenwasser wird in diesen Fällen auf Hausdächern, am besten auf Schieferdächern, aufgefangen und in wasserdicht gemauerte Gruben geleitet. Die ersten Mengen nach Beginn des Regens läßt man abfließen, da sie aus der Luft und von den Dächern Staub, Ruß und Schmutz aufgenommen haben. Die später niedergehenden Wassermengen, die erheblich reiner sind, werden zweckmäßig auch noch einer Filtration unterzogen, damit die in ihnen suspendierten Bestandteile noch entfernt werden. Man leitet sie durch ein Rohr bis dicht über den Boden einer besonderen unterirdischen Grube, die mit feinem Sande gefüllt ist und nicht in der Nähe von Abortgruben, Dungstätten usw. gelegen sein darf. Das Wasser tritt durch das Filter von unten nach oben hindurch und durch einen Ueberlauf in eine zweite Grube, aus der es durch ein wasserdicht eingelassenes Pumprohr entnommen wird. Wenn derartige „Zisternen“ in der Weise, wie es später bei der Beschreibung der Schachtbrunnen zu schildern sein wird, einwandfrei angelegt und abgedeckt sind, so ist eine Verseuchungsgefahr für das Wasser so gut wie ausgeschlossen. Auch ist, falls die Gruben genügend tief und mit Erde dick überschichtet sind, eine ziemlich gleichbleibende kühle Temperatur gewährleistet. Die Ergiebigkeit solcher Anlagen ist naturgemäß je nach der Niederschlagsmenge großen Schwankungen unterworfen. Bleileitungen sind für Zisternenwasser unbedingt zu vermeiden, da dieses infolge seiner weichen Beschaffenheit und seines Kohlensäuregehaltes die Röhren leicht angreifen würde.

B. Grundwasser-Versorgungsanlagen.

Das im Boden stehende Grundwasser wird in weitestgehendem Maße zur Versorgung ganzer Städte oder einzelner Gebäude mit Trink- und Gebrauchswasser herangezogen. Ihm wird nach den heutigen Erfahrungen mit vollem Recht grundsätzlich der Vorzug gegeben vor dem Oberflächenwasser, weil es, wie wir früher sahen, letzterem gegenüber in seiner Zusammensetzung gleichmäßiger und in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften in der Regel

geeigneter, vor Allem aber der Infektion durch Krankheitserreger in viel geringerem Maße ausgesetzt ist.

Wo Grundwasser in genügenden Mengen und in einwandfreier Beschaffenheit festgestellt ist, wird man es durch einfache und verhältnismäßig wohlfeile Brunnenanlagen nutzbar machen können. Handelt es sich um die zentrale Versorgung ganzer Ortschaften, so darf es nicht in diesen selbst entnommen werden, weil hier die Bodenverschmutzung eine Gefährdung bedingt; man wird dann vielmehr außerhalb der Stadtgrenzen ein geeignetes Terrain zur Erbohrung der Brunnen auswählen und von hier aus das Wasser den Häusern zuleiten müssen.

Der am häufigsten beobachtete Mißstand, den ein an sich sonst einwandfreies Grundwasser für die Versorgung des Menschen bietet, ist sein etwaiger Gehalt an Eisen, den wir namentlich in der norddeutschen Tiefebene sehr oft antreffen. Es wird vor der endgültigen Entscheidung der Frage, ob ein stark eisenhaltiges Wasser sich zu dauerndem Gebrauch eignet, festzustellen sein, wieweit es durch die an früherer Stelle (S. 242) beschriebenen Enteisenungsverfahren in seiner Verwendbarkeit verbessert werden kann.

1. Brunnen für Einzelversorgung.

Das Grundwasser wird durch Brunnen erschlossen, die zunächst je nach ihrer Tiefe als Flachbrunnen und Tiefbrunnen unterschieden werden. Flachbrunnen nennt man solche, die das Wasser der ersten, meist oberflächlich gelegenen wasserführenden Schicht entnehmen, Tiefbrunnen solche, bei denen die oberflächlichste Grundwasserschicht erst in größerer Tiefe (über 10 m) angetroffen wurde, oder bei denen das Wasser einer tieferen, von der oberflächlichsten durch eine undurchlässige Lage getrennten Grundwasserschicht entstammt. Bei entsprechendem Gefälle der Schichten kann das erbohrte Grundwasser artesisch zu Tage treten.

Bei der Wahl des Platzes, an dem ein Brunnen angelegt werden soll, ist von vornherein die Nähe von Oertlichkeiten zu berücksichtigen, von denen aus eine Verunreinigungsgefahr droht. Von Häusern und Ställen, namentlich aber von Dungstätten, Abortgruben, schmutzigen Gräben usw. sollen Brunnen in der Regel mindestens 10 m entfernt bleiben. Nur ausnahmsweise darf von dieser Regel abgegangen werden, wenn die Verhältnisse des Untergrundes günstig, eine sichere wasserdichte Abgrenzung jener Schmutzstätten gewährleistet ist und die Art der Brunnenkonstruktion (Röhrenbrunnen) eine Verunreinigung des Wassers in den oberflächlicheren Bodenschichten ausschließt.

Der Untergrund soll aus gut filtrierendem Material bestehen und an seiner Oberfläche nicht durchwühlt oder von tiefreichenden Baumwurzeln durchsetzt sein. Erfahrungsgemäß führen namentlich Laubhölzer, z. B. Ahorn-, Erlen- und Kastanienbäume, oft zu Schädigungen des Bodens insofern, als sich entlang den Wurzeln kleine, in die Tiefe führende Rinnsale bilden; auch können die Wurzeln durch Brunnenwandungen und Tonrohrleitungen hindurchwachsen. Die flach verlaufenden Wurzeln der Nadelhölzer sind in dieser Hinsicht weniger gefährlich [Loesener (29)].

Das Grundwasser soll mit seinem höchsten Stande die oberen bakterienreichen Erdschichten nicht erreichen. Ist dies der Fall, so kann man bei sandigem Untergrund schon in einer Tiefe von 3—4 m gutes Grundwasser entnehmen, bei lockerem Kiesboden soll man mindestens auf 6—8 m hinabgehen.

Bei der Neuanlage von Brunnen ist die Art und Mächtigkeit der einzelnen Schichten genau zu bestimmen und festzulegen. Aufzeichnungen über die durchbohrten Schichten (sogen. Bohrregister) sind für die Begutachtung des Wassers und die Beurteilung etwaiger späterer Verschlechterungen desselben von großer Bedeutung.

Die Umgebung aller Brunnen muß auf das Sorgfältigste entwässert und gegen Verschmutzung des Bodens durch wasserdichte Pflasterung geschützt werden. Vielfach werden hierzu gewöhnliche Pflastersteine benutzt, deren Fugen mit Zement ausgefüllt werden. Eine derartige Pflasterung zeigt aber bald Risse, weil sich Zement mit Naturgestein nur schlecht verbindet. Zweckmäßiger ist es, im Umkreis von 1—2 m um den Brunnen herum auf einer Betonunterlage eine Asphaltschicht anzubringen, die nach allen Seiten Gefälle hat. Das Ueberlaufwasser ist in wasserdichten Rinnen abzuführen. Besondere Aufmerksamkeit ist den Gullys zu widmen, in die das Ablaufwasser eintritt. Sie sind aus dauerhaftem, undurchlässigem Material herzustellen und stets sauber zu halten, damit von ihnen aus nicht Verunreinigungen in den Boden und das Grundwasser gelangen können. Wasch- und Tränktröge dürfen nur in einer Entfernung von mindestens 5 m vom Brunnen angelegt werden.

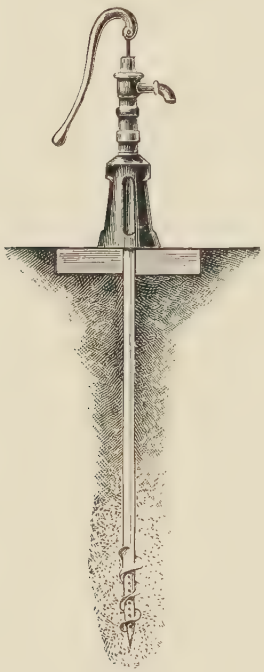
a) Rohrbrunnen.

Als Rohrbrunnen werden solche Brunnen bezeichnet, durch die das in der Tiefe entnommene Grundwasser in einem bis zum Auslauf allseitig geschlossenen Eisenrohr austritt. Im Vergleich zu den später zu besprechenden Schachtbrunnen geben sie eine sicherere Gewähr für die einwandfreie Zutageförderung des Wassers.

Die einfachste Art der Rohrbrunnen sind die sogen. Abessinierbrunnen (Abb. 117), nach ihrem Erfinder auch Nortonsche Röhren genannt, die von den Engländern im Feldzuge gegen Abessinien (1867 bis 1868) mit großem Erfolge verwendet wurden.

Sie bestehen aus einer schmiedeeisernen Röhre von 3—8 cm lichter Weite, die unten mit einer zum Einschlagen oder Einschrauben eingerichteten Stahlspitze versehen sind. Oberhalb dieser Spitze zeigt das Rohr etwa auf 1 m runde oder schlitzförmige Oeffnungen, die mit verzinnter engmaschiger Messinggaze umgeben werden. Die eingetriebene Röhre kann durch Anschrauben verlängert werden, bis sie etwa 2 m unter den niedrigsten Grundwasserstand reicht. Hat der durchlochte Rohrteil, der „Sauger", die erforderliche Tiefe erreicht, so schraubt man eine Kolbenpumpe mit Schwengel auf den oberen Teil des Rohres luftdicht auf und kann dann mit dieser das Wasser entnehmen. Bei feinkörniger Beschaffenheit des Bodens ist das Wasser zunächst mit Sandkörnchen vermischt. Es bildet sich aber, wenn aller lockere Sand in die Höhe gekommen ist, um den Brunnensauger allmählich durch Ausspülung ein natürliches Filter.

Abbildung 117.



Abessinierbrunnen.

Wo es sich um die Gewinnung verhältnismäßig kleiner Wassermengen, insbesondere für vorübergehende Zwecke — z. B. im Manöver und im Felde — handelt, die Art des Untergrundes das Einrammen zuläßt und der Grundwasserspiegel nicht tiefer liegt, als die zulässige Saughöhe (6 m) bedingt, werden solche Rohrbrunnen mit Vorteil zu verwenden sein. Das Einrammen bezw. -bohren muß mit großer Vorsicht geschehen, damit die Filtergaze nicht verletzt wird. Bei steinigem Untergrund wird vielfach mit einem Erdbohrer vorgearbeitet und das Rohr erst in das fertige Bohrloch eingesetzt. Es geht dann aber, wie Loesener mit Recht betont, der Hauptvorteil des Abessiniers, das direkte Einsetzen des mit dem Filterendstück verbundenen Brunnenrohrs, verloren, weil sich das durch das Bohren gelockerte Erdreich nicht immer vollkommen und schnell genug an das Rohr anschließt. Die Pumpe muß an einem fest eingeschlagenen Pfahl oder an einer Mauer so sicher befestigt

werden, daß ein Wackeln beim Pumpen ausgeschlossen ist. Es wird sich sonst leicht durch die Bewegungen um das Brunnenrohr eine trichterförmige, wenn auch nicht weite Vertiefung bilden, durch die oberflächliche Verunreinigungen der wasserführenden Schicht zugeführt werden können.

Sind die Bedingungen für die Anlage und den dauernden Betrieb eines Abessinierbrunnens nicht günstig oder handelt es sich um die Gewinnung größerer Wassermengen, so empfiehlt sich die Anlage eines eigentlichen Röhrenbrunnens. Es wird bei diesem ein besonderes „Bohrrohr", das unten mit einem scharfen stählernen Rande versehen ist, durch Belastung in den Boden gedrückt, während gleichzeitig durch einen Ventilbohrer der im Innern sich ansammelnde Boden ausgebohrt und herausgehoben wird. Das Herausschaffen des letzteren aus dem Bohrrohr kann auch durch Ausspülung mittels Druckwassers bewirkt werden. Man versenkt auf diese Weise Bohrröhren von 500 mm und mehr lichter Weite. Bei großen Tiefen bohrt man in Absätzen mit teleskopartig nach der Tiefe sich verjüngenden Weiten der Bohrröhren. Auf ein absolut dichtes Aufschrauben der einzelnen Rohrstrecken ist besonders zu achten, damit nicht durch undichte Stellen verdächtiges Wasser in das Rohr eintreten oder eingesaugt werden kann. Hat man die gesuchte wasserhaltige Schicht mit dem Bohrrohr genügend tief erschlossen, was man am ausgehobenen Inhalt erkennt, so wird in das auch als „Mantelrohr" bezeichnete Bohrrohr das eigentliche „Brunnenrohr" eingesenkt. Dieses trägt an seinem unteren Teil den durchlochten und mit einem Tressengewebe aus Kupfer oder Messing umgebenen Sauger (Abb. 118). Die Länge desselben wird je nach der Mächtigkeit der wasserführenden Schicht verschieden bemessen. Nachdem er mit feinem Kies umschüttet worden ist, wird das Bohrrohr teilweise wieder herausgezogen, so daß das Filter frei wird und das Grundwasser ungehindert eintreten kann. Eine vollständige Entfernung des Mantelrohrs ist nicht empfehlenswert, weil dann um das Brunnenrohr herum in festerem, z. B. lehmigem oder tonhaltigem Boden ein zylindrischer freier Raum gebildet wird, durch den verunreinigende Zuflüsse zum Grundwasser treten können.

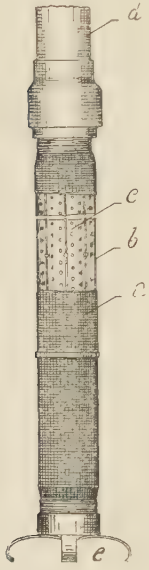
Für größere Tiefen (mehr als 8 m) sind besondere Bohrverfahren notwendig, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Besonders empfehlenswert ist es, namentlich wenn bei eisen- oder kalkhaltigem Grundwasser eine schnelle Verstopfung des Filtergewebes befürchtet werden muß, den Sauger so einzurichten, daß er ohne Schwierigkeiten herausgenommen und gereinigt werden kann. Dies wird ermöglicht durch das Einhängen eines besonderen „Bügel-

rohres“, d. h. eines mit einem Bügel versehenen Rohres, an das unten das „Filterrohr“ angeschraubt ist (Abb. 119) und das nach oben hin durch Gummidichtung gegen Sandauftrieb abgeschlossen wird. Es kann durch einen eingelassenen Haken, der in den Bügel eingreift, nach Bedarf zwecks Reinigung oder Reparatur unschwer herausgenommen werden.

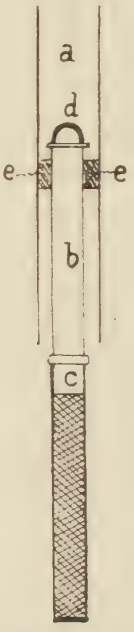
In das „Brunnenrohr“, welches das Wasser fördert, reicht von oben her das zur Pumpe führende „Pumprohr“, auch „Saugrohr“ ge-

Abbildung 118.



Sauger (nach Gaertner).
a = feinmaschiges Kupfergewebe; b = aufgelötete Kupferdrähte; diese verhindern das dichte Anliegen des Gewebes (a) an der gelochten Kupferhülse c; d = das nach oben führende Rohr; e = Fuß, im Kies stehend.

Abbildung 119.



a = Brunnenrohr; b = Bügelrohr; c = Filterrohr; d = Bügel zum Herausziehen; e = Gummidichtung gegen Sandauftrieb (nach Loesener).

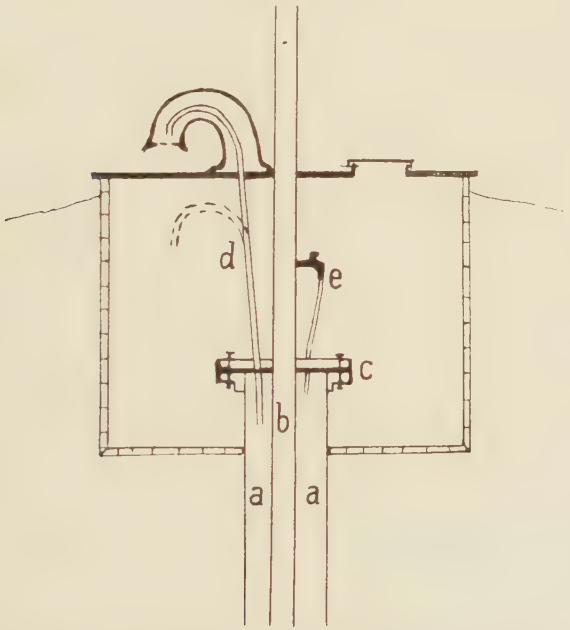
nannt, hinein. Es muß natürlich gefordert werden, daß auch die Verbindung der beiden letztgenannten Rohre eine derartige ist, daß Verunreinigungen von oben her ausgeschlossen sind. Bei gleicher Weite des Brunnen- und Saugrohres läßt sich dies durch einfache Flanschverbindung erreichen, so daß das auftretende Wasser in einem allseitig geschlossenen Rohr bis nach außen verläuft.

Bei den neueren Rohrbrunnen, namentlich größeren, wird heute meist ein besonderer unterirdischer Arbeitsschacht angelegt, der nicht nur bei notwendig werdenden Reparaturen große Erleichterungen

bietet, sondern auch sonst mannigfache Vorteile aufweist, dadurch, daß er den Frosthahn (s. u.) und bei längeren Schleppleitungen auch die erforderlichen Rückschlagventile aufnehmen kann.

Für die Verbindung des Brunnen- und des Pumprohres in einem solchen Arbeitsschacht hat Loesener (29) sehr zweckmäßige Vorschläge gemacht, deren Einzelheiten aus Abb. 120 ersichtlich sind. Durch einen Flansch wird das in den Arbeitsschacht frei hineinragende Brunnenrohr unter Gummidichtung mit dem am Pumprohr angebrachten Gegenflansch fest verschraubt. Damit die zwischen beiden Rohren befindliche Luftschicht voll auf den Wasserspiegel im Brunnenrohr drücken kann und somit Störungen im Pumpbetriebe vermieden werden, wird durch die Flanschverbindung ein bakteriensicher abgedichtetes Lüftungsrohr aus Blei hindurchgeführt, das zwecks Vermeidung des Eintritts von Verunreinigungen an der oberen Wand des Schachtes oder außerhalb desselben in einem starken Schutzrohr umgebogen wird. Die Mündung des letzteren muß in genügendem Abstand (etwa

Abbildung 120.



a = Brunnenrohr; b = Pumprohr; c = Flanschabdichtung des Brunnenrohrs; d = Lüftungsrohr; e = Frosthahn mit Frostrohr (nach Loesener).

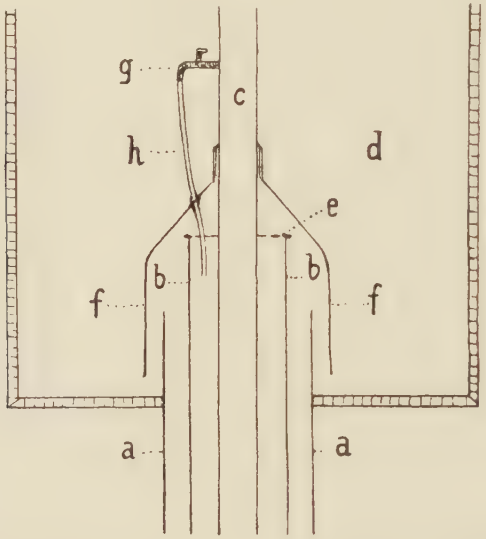
30 cm) vom Erdboden stehen und ist mit Siebgaze zu bedecken, die das Eindringen von Schmutz sowie das Einkriechen kleiner Tiere verhindert. Wird der Arbeitsschacht absolut dicht hergestellt und ist ein Eintreten verdächtiger Wässer in ihn nicht zu befürchten, so genügt es auch, wenn die obere freie Oeffnung des Brunnenrohres nur durch weit überfallende trichterförmige Schutzkappen überdeckt wird, die am Pumprohr befestigt werden (Abb. 121). Gegen das Eindringen kleiner Tiere schützt in genügender Weise ein Siebnetz.

Die Arbeitsschächte sind durch Auskleidung der in Zementmörtel hergestellten Mauerwände mit einer glatten Zementschicht wasserdicht herzustellen, so daß seitlich und von unten her der Zutritt von

Wasser nicht möglich ist. Natürlich muß auch die obere Abdeckung (vgl. S. 269) das Eindringen von Verunreinigungen ausschließen. Sie sollen stets trocken und sauber gehalten werden.

Das im Pumprohr stehende Wasser kann zur Winterszeit leicht einfrieren und dabei durch seine Ausdehnung zum Bersten des Rohres führen. Das früher übliche Verfahren, die Brunnenstöcke mit Stroh oder einem Holzmantel zu umkleiden, ist unnötig, wenn, wie dies bei allen neueren Brunnen der Fall ist, für die Ableitung dieses Wassers in die frostfreie Zone des Bodens gesorgt wird. In Abb. 120—122 sind derartige Frostrohre, die meist aus Blei hergestellt werden und durch

Abbildung 121.



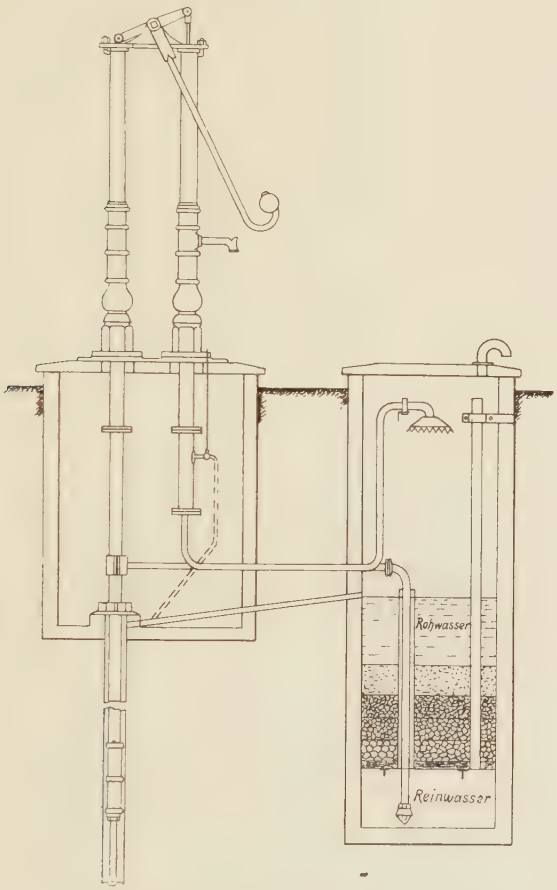
a = Mantelrohr; b = Brunnenrohr; c = Pumprohr; d = Arbeitsschacht; e = Siebschutz; g = Frosthahn h = Frostrohr, im Brunnenrohr endigend (nach Loesener).

Hähne verschließbar sind, dargestellt. Sie müssen an der Stelle, wo sie die Flanschverbindung (Abb. 120) oder die Ueberfallkappe (Abb. 121) passieren, so sorgfältig abgedichtet werden, daß sich keine Spalten bilden, durch die Staub, Schmutz oder verdächtiges Wasser eindringen könnte.

Ist ein Arbeitsschacht nicht vorhanden, so wird der Austritt des Wassers aus dem Frostrohr dadurch bewirkt, daß man den in frostfreier Tiefe angebrachten Ablaufhahn mittelst eines zur Erdoberfläche führenden und dort gegen mißbräuchliche Benutzung geschützten Hebels von oben her bedient. Ist der Untergrund dazu

geeignet, so kann man das Frostwasser, das ja nicht infektionsverdächtig ist, in ihm versickern lassen. Das Einleiten in die Kanalisation ist nach Loesener (29) nicht empfehlenswert, weil von dort aus bei Rückstauungen Infektionen des Brunnens möglich sind und Schmutzwässer durch das Pumpen direkt angesaugt

Abbildung 122.



Rohrbrunnen mit Enteisenungsvorrichtung.

werden könnten. Bei Schlepprohrleitungen ist das Frostrohr nicht in diese, sondern in das Brunnenrohr bez. — bei Kesselbrunnen — in den Kessel zu leiten (Abb. 125).

In neuerer Zeit werden bei Rohrbrunnen, die ein eisenhaltiges Grundwasser fördern, vielfach gleich Enteisenungsvorrichtungen

eingebaut. Kurth hat die nach dem Oestenschen Prinzip (s. S. 243) durchgeführte Enteisenung in unterirdisch und frostsicher angelegte Schächte verlegt.

Die Schwengel zweier dicht nebeneinander stehenden Pumpenständer sind durch ein Gestänge derartig miteinander verbunden, daß sie beim Pumpen gleichmäßig bewegt werden. Das Rohr der ersten Pumpe führt durch den dichten Boden des Arbeitsschachtes zu dem von der Außenwelt völlig abgeschlossenen Grundwasser und hebt dieses in einen zweiten, neben dem Arbeitsschacht gelegenen unterirdischen Behälter, wo es aus einer Brause auf ein Kiesfilter fällt. Wenn das Wasser das Filter passiert hat, sammelt es sich im unteren Teile des Behälters an und tritt von hier aus durch ein Heberrohr in den Reinwasserbehälter, dessen Sohle tiefer liegt, als die des Filterschachtes. Sobald der Wasserstand im Filterschacht eine bestimmte Höhe erreicht hat, hebert sich durch dieses Rohr das filtrierte enteisente Wasser in den Reinwasserbehälter, mit dem die zweite Pumpe in Verbindung steht, sodaß also in demselben Maße, wie die letztere das reine Wasser nach oben befördert, die erste Pumpe Rohwasser auf das Enteisenungsfilter gibt. Die Kessel müssen völlig wasserdicht gemauert und einwandfrei abgedeckt sein.

Empfehlenswert ist auch der von der Firma Bieske (Königsberg i. Pr.) angegebene Enteisenungsbrunnen, der nur 2 Schächte benötigt und dessen Einrichtung aus Abb. 122 wohl ohneweiters verständlich ist. — Bei den Brunnen der Firma Deseniß und Jacobi (Hamburg) ist der Pumpenzylinder mit einer kleinen Luftpumpe verbunden, die bei jedem Pumpenschlag die nötige Luftmenge in das in die Leitung eingeschaltete Filter preßt. Auch hier wird eine weitgehende Enteisenung des Wassers erreicht.

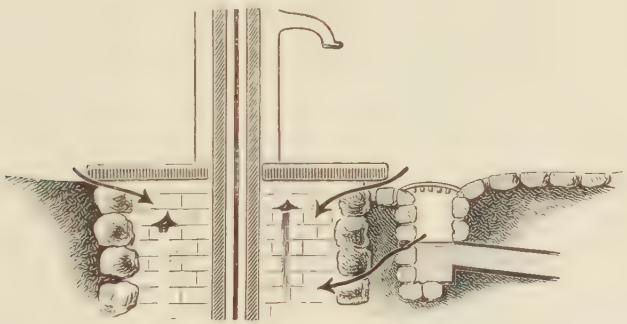
b) Schacht- und Kesselbrunnen

nennt man solche Brunnen, bei denen das Wasser in einen bis in die Grundwasser führende Schicht reichenden, künstlich angelegten Schacht von unten her eintritt. Sie werden angelegt entweder durch Aushub des Bodens bis zur ganzen Tiefe unter Trockenhaltung der Baugrube mittels Wasserschöpfung oder aber durch „Absenken“ des Brunnens. Das erstgenannte Verfahren, bei dem der Schacht gegen den Erddruck durch Absteifung gesichert werden muß, ist nur bei mäßigem Wasserzudrang und nicht zu großer Tiefe unter dem Grundwasserspiegel zu empfehlen. Es hat den Vorteil, daß mit der fortschreitenden Aufmauerung des Mantels seine Hinterfüllung sehr sorgfältig vorgenommen werden kann und daß gleichzeitig ein richtiges Urteil über die Beschaffenheit der durchfahrenen Bodenschichten gewonnen wird. Die unterste Schicht des Kessels wird auch hier meist auf einer Bohlenunterlage oder auf einen Brunnenkranz versetzt.

Das Absenken eines Schachtbrunnens geschieht ebenfalls von einer Baugrube aus, die etwa bis auf das Grundwasser hinabgeführt wird. Von hier aus wird der ringförmige Brunnenkranz oder Brunnenschuh eingesetzt, der den Zusammenhang des auf ihm aufgeführten

Mauerwerks während des Senkens sichern soll. Der Kranz verjüngt sich in dem Querschnitt seiner Wandung keilförmig nach unten zu und wird entweder in Holz (mit oder ohne Eisenverstärkung) oder in Eisen hergestellt. Das Mauerwerk wird mit dem Kranz durch Anker fest verbunden, damit beim Absenken keine Zerreissung der Verbindung eintreten kann. Das Absenken geschieht nun dadurch, daß der Boden unter dem Kranz allmählich entfernt wird. So lange das Wasser noch ausgeschöpft oder ausgepumpt werden kann, genügt einfaches Ausgraben, wird der Wasserzudrang aber stärker, muß man zum Ausbaggern übergehen. Die Brunnenwand besteht entweder aus gut gehärteten Ringen aus Zementbeton oder aus asphaltierten Eisenringen oder aber aus hart gebrannten Backsteinen, die in Stärke von mindestens einem Stein durch Zementmörtel verbunden und innen und außen mit Zementverputz versehen werden. Mindestens bis zu

Abbildung 123.



Schlechter Kesselbrunnen (nach Flügge).

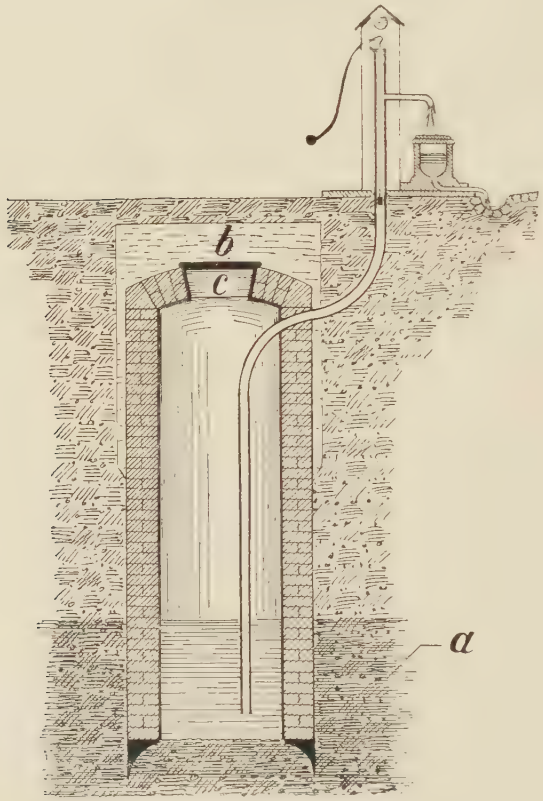
einer Tiefe von 4 m muß der Brunnenschacht vollkommen wasserundurchlässig hergestellt werden. Soll in einwandfreien tiefen Bodenschichten zur Erhöhung der Ergiebigkeit dem Wasser auch von der Seite der Zufluß zum Schacht gewährt werden, so geschieht dies bei Ziegelmauerwerk durch das Offenlassen von Stoßfugen oder durch Verwendung von Lochsteinen an einzelnen Stellen der Wandung.

Besteht der Grundwasserträger aus feinem Sande, so müssen gegen dessen Eintritt besondere Vorkehrungen getroffen werden. Meist richtet man in einem doppelt angelegten Mantel sogenannte Sandsperren ein, d. h. man füllt den Zwischenraum zwischen den beiden Wandungen derart aus, daß nach dem inneren Kessel zu zunächst eine Schicht grober Kies, dann eine Schicht feiner Kies und nach außen zu eine Schicht feiner Sand zu liegen kommt. Auch der Sandauftrieb von unten her läßt sich durch Einbringen einer Kiesschicht verhindern.

Für Schachtbrunnen, die nur zur Einzelversorgung von Häusern oder kleineren Gebäudekomplexen dienen sollen, genügt in der Regel ein Durchmesser von 1—1½ m, bei Zentralbrunnen werden Schächte bis zu 13 m Durchmesser errichtet.

Die Brunnenschächte sind am besten unterirdisch in einer Höhe von 1 m unter der Erdoberfläche durch eine wasserdicht eingefügte

Abbildung 124.



Pumpbrunnen (nach Gärtner).
a = wasserführende Kiesschicht; b = Lehmschlag; c = Mannloch mit Eisendeckel.

übergreifende Stein- oder verzinkte Eisenplatte abzudecken oder durch wasserdichtes Mauerwerk, welches eine durch einen übergreifenden Deckel zu verschließende Einsteigeöffnung hat, zu überwölben. Ueber die Abdeckung wird am besten eine 30 cm starke Schicht von Ton oder Lehm und darüber reiner Sand gelagert. Einen solchen Brunnen stellt z. B. Abb. 124 dar. Falls eine unterirdische Abdeckung nicht stattfindet, ist der Brunnenkessel bis zu einer Höhe von etwa 25 cm

wasserdicht über die Erdoberfläche hinaus zu führen und dicht abzudecken. Ist der Ort des Brunnens so tief gelegen, daß Ueberschwemmungen bei starken Regengüssen nicht ausgeschlossen sind, so ist der Rand noch höher aufzumauern.

Die Pumpe soll nicht auf dem Brunnenschacht stehen, sondern muß seitlich von ihm gesetzt werden. Ist das wegen zu tiefer Lage des Wasserspiegels nicht tunlich, so ist das Pumpenrohr nicht in der Mitte, sondern am Rande der Abdeckung herauszuführen und die Pumpe so zu stellen, daß das Wasserablaufrohr den Brunnenkranz völlig überragt. Das Saugrohr, das zweckmäßig aus verzinntem Eisen und nur, wo es Biegungen zu machen hat, aus Blei hergestellt wird, muß vollständig wasserdicht durch die Wandung oder die Abdeckung des Brunnens durchgeführt werden.

Zur Vornahme notwendig werdender Reparaturen wird am besten eine schräg in den Kessel eingesetzte Leiter vorgesehen. Einsteigeisen sind ebenso wie unnötige Schelleisen zum Festhalten der Pumprohre nach Möglichkeit zu vermeiden, weil durch sie der glatte Zementputz der Kesselwand durchbrochen und geschädigt wird. Auf Trägern stehende Bohlenbeläge über der Wasserschicht, die man noch oft vorfindet, sind zu verwerfen.

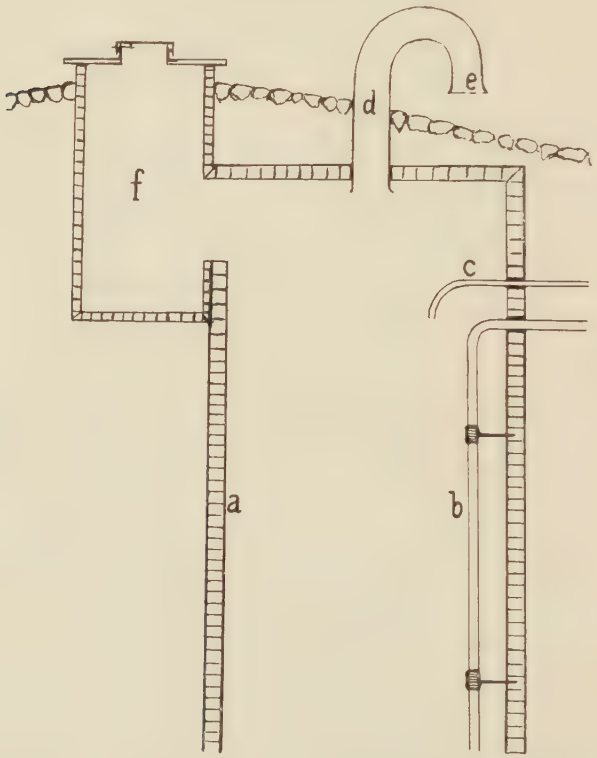
Einsteigvorrichtungen, sog. Mannlöcher, direkt über den Brunnenschächten sind möglichst zu vermeiden, weil auch bei guter Abdeckung durch das Oeffnen und Einsteigen Schmutz in das untenstehende Wasser fällt. Empfehlenswerter ist die Anlage eines seitlich gelegenen kleinen Arbeitsschachtes, wie er in Abb. 125 abgebildet ist. Ein solcher Arbeitsschacht ermöglicht bei überwölbtem Kessel jederzeit eine Besichtigung der Wände, die von Zeit zu Zeit wünschenswert ist, damit schadhafte Stellen rechtzeitig erkannt werden.

Dem Verschluß der Mannlöcher ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Flach auf der Steinabdeckung aufliegende Eisenplatten, die man vielfach noch antrifft, bilden niemals einen sichern Abschluß, zumal wenn sie durch Löcher für den Handgriff und für die den Frosthahn bedienende Hebelstange durchbrochen sind. Nach Loesener wird der Rand des Loches am zweckmäßigsten von einem in Zement eingelassenen Winkeleisenrahmen eingefaßt, der wenigstens 10 cm über die Abdeckplatte ragt, an keiner Stelle ein Loch oder einen Einschnitt hat und durch einen Eisendeckel mit Ueberfallrändern verschlossen wird. Zur Befestigung der Deckel an der Einrahmung sind Verschlüsse zu wählen, die sich nicht mit jedem Drücker öffnen lassen und sich nicht von selbst lockern können.

Am Boden der Kesselbrunnen bildet sich mit der Zeit Schlamm,

der das Wasser verschlechtert. Dieser ist von Zeit zu Zeit zu entfernen. Zur Besserung des Wassers bei alten Kesselbrunnen führt unter Umständen besonders das Einbringen eines tiefreichenden Saugrohres in den gereinigten und neu mit Zement verputzten Kessel und das Anfüllen des Schachtes unten mit grobem, dann mit feinem Kies, darauf mit Sand, oben mit Lehm. Natürlich muß nach der Ausführung derartiger Aenderungen das Wasser erst längere Zeit abge-

Abbildung 125.



a = Kesselwandung; b = Pumprohr; c = Frostrohr; d = Lüftungsrohr; e = Siebschutz; f = seitlich stehender Arbeitsschacht (nach Loesner).

pumpt werden, bis sich die filtrierenden Schichten eingearbeitet haben, und das Wasser in einwandfreier Beschaffenheit hervortritt.

Offene Kessel- oder Schachtbrunnen, d. h. solche, die oben entweder gar nicht oder nur durch ein überbautes Dach abgeschlossen werden, sind stets als infektionsverdächtig anzusehen, weil hier für die Verschmutzung des Wassers Tür und Tor offensteht. Neuanlage solcher Brunnen ist nicht mehr statthaft.

Soll in Kesselbrunnen die Enteisenung des erschlossenen Wassers vorgenommen werden, so läßt sich dies nach dem Dunbarschen Prinzip durch Tauchfilter erreichen. Da hier das Wasser hinreichend sauerstoffhaltig ist, genügt es, wenn man es durch ein mit eisenschlammumkrustetem, also eingearbeitetem Sand gefülltes Tönnchen schickt, das im Kessel mit dem Steigrohr der Pumpe so verbunden wird, daß alles geförderte Wasser das Tönnchen passieren muß. Zweckmäßiger ist die Anlage eines besonderen Filterschachtes neben dem Kesselbrunnen und einer Doppelpumpe, wie sie oben beschrieben wurde.

2. Brunnen für Zentralversorgung.

Für die Versorgung größerer Gebäudekomplexe oder ganzer Ortschaften mit Grundwasser werden jetzt meist Tiefbrunnen gewählt, deren Zahl, Größe und Anordnung von den Ergebnissen eingehender Vorarbeiten (vgl. S. 239—240) abhängig zu machen sein wird. Die sicherste Gewähr gegen Verunreinigungen bieten auch hier Rohrbrunnen, doch werden vielfach auch große Schachtbrunnen für diese Zwecke angelegt (S. 268). Weniger empfehlenswert sind liegende Brunnen, sogen. Gallerien, in denen das Grundwasser abgefangen wird. Es sind dies unterirdisch in der wasserführenden Schicht angelegte Kanäle mit durchlässiger Wandung, in die das Wasser seitlich eintritt, oder Sickergruben, die mit Kies- oder Steinschlag gefüllt werden.

Aus den Zentralbrunnen wird das erschlossene Wasser in Saugleitungen durch besondere Pumpstationen abgeführt und meist zunächst in Reservoire oder Hochbehälter (s. S. 286) gedrückt, aus denen es entweder durch eigenes Gefälle oder wiederum durch Maschinenkraft dem Versorgungsgebiet zugeführt wird. Bei größeren Werken werden in der Regel mehrere Brunnen zu einzelnen Gruppen zusammengekuppelt, sodaß sie ihr Wasser in einem gemeinsamen Rohrstrang an die Hauptsaugleitung abgeben. Die einzelnen Gruppen können dann je nach Bedarf ausgeschaltet werden. Ebenso ist natürlich, wenn Reparaturen oder sonstige Umstände es erfordern, auch die Ausschaltung der Einzelbrunnen durch Absperrvorrichtungen in den Brunnenrohren ermöglicht. Die einzelnen Brunnen werden je nach der Mächtigkeit des Grundwasserstromes, der Ausdehnung des benutzbaren Geländes und dem Wasserbedarf in Entfernungen von 4—20 m von einander angelegt. Unter Umständen können auch noch weitere Abstände erforderlich werden.

Da diese Brunnen im Gegensatz zu den Hausbrunnen für an-

dauernden Betrieb eingerichtet werden, der sich mindestens auf Stunden, oft aber auf den größeren Teil des Tages erstreckt, wird infolge der starken Entnahme der Grundwasserspiegel in ihrer Umgebung in besonders starkem Maße abgesenkt. Es bildet sich eine muldenförmige Depressionszone, deren tiefste Stelle der Brunnenwand anliegt. Es wird infolgedessen auch aus den oberen Bodenschichten in der Umgebung das Wasser — selbst bei wasserdichter Konstruktion des Brunnens — in diesen angesaugt. Liegen die Brunnen in der Nähe von Fluß- oder Bachläufen, dann muß auch auf den unterirdischen Zutritt von Wasser aus diesen gerechnet werden. Noch größer ist die Gefahr, wenn Ueberschwemmungen bis an oder in die Depressionszone reichen. Auf die Erhaltung einer guten Filtrationsfähigkeit des Bodens und die Vermeidung jeglicher Verunreinigung muß daher das größte Gewicht gelegt werden. Außerdem sind an die einwandfreie Herstellung der Zentralbrunnen wegen ihrer Bedeutung und der starken Inanspruchnahme besonders hohe Anforderungen zu stellen. Im Prinzip der Ausführung unterscheiden sie sich nicht von den früher besprochenen Brunnen für Einzelversorgung.

C. Quellwasser-Versorgungsanlagen.

Bei der Versorgung mit Quellwasser ist, falls die Voruntersuchungen das Vorhandensein reichlicher Wassermengen von guter und gleichmäßiger Beschaffenheit ergeben haben, die einwandfreie Fassung der Quelle an ihrem Austritt aus dem Boden zu bewirken. Die Umgebung der Quellmündung ist anzukaufen und durch Umfriedigung zu schützen. Die Fassung der Quelle soll konstruktiv den örtlichen hydrologischen und geologischen Verhältnissen angepaßt sein und nach Möglichkeit die Ergiebigkeit erhöhen. Schädliche Zuflüsse oder sonstige Verunreinigungen sind fernzuhalten und bei tiefer Lage die Gefahren einer Ueberschwemmung zu berücksichtigen. In sumpfigen Gegenden sowie an steilen Abhängen sind die Fassungen gegen Versinken bez. Abrutsch zu sichern. Zur Fassung der Quellen können nach Prinz (4) Schächte, Bohrungen, Brunnen, Steinpackungen, Drainrohre, Schlitze, Stollen, Querschläge, Galerien usw. verwendet werden.

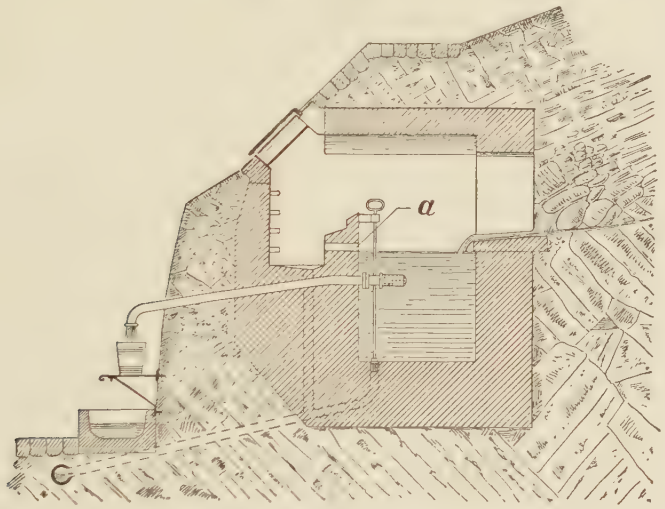
Fassungen mit einfachen Schutzdächern oder gar offene Fassungen sind zu verwerfen. Fassungen aus Holz (Quellkästen) sind nicht zulässig, da letzteres die Entwicklung der Bakterien fördert und Nährstoffe für Wasserpflanzen und Wassertiere (Wasserasseln, Flohkrebse, Schnecken, Würmer usw.) liefert.

Wenn angängig, sollen wasserdicht gemauerte „Brunnenstuben“ angelegt werden, wie eine solche z. B. durch Abb. 126 illustriert wird.

Für die Möglichkeit einer leichten Entfernung von Schlamm am Boden des Reservoirs, für genügende Lüftung, Ueberlauf und für den sicheren Verschluß mittels überfallenden Eisendeckels ist Sorge zu tragen.

Die Einsteigschächte sollen so angeordnet sein, daß von ihnen aus eine Verschmutzung des Wassers nicht stattfinden kann. Die Ausmündungen der Auslaß- und Entlüftungsrohre sind gegen das Einwandern von Fröschen, Mäusen und sonstigen Tieren zu sichern. Die Ablaufleitung ist so zu bemessen, daß die maximale Quellwassermenge abgeführt werden kann. Sie soll etwa $^1/_2$—1 m über der Sohle austreten, damit nicht Schlamm und Sand, der sich in dem Becken angesammelt hat, vom Wasser mitgerissen wird. Bei stark

Abbildung 126.



Brunnenstube (nach Gärtner).
a = Ueberlauf, in das Ablaufrohr führend; b = Grundablass.

sandführendem Wasser ist nötigenfalls ein besonderer Sandfang einzubauen.

Die Zuführung des Quellwassers zum Versorgungsgebiet muß in einem allseitig geschlossenen und gegen das Eindringen wilder Wässer geschützten Rohrsystem erfolgen.

Bei hochgelegenen Quellen genügt hierzu meist das eigene Gefälle (sogen. Gravitationsleitung). Der Anlage größerer Reservoire bedarf es bei gleichmäßiger und ausreichender Ergiebigkeit in diesem Falle nicht. Ist aber bei tiefer Lage der Quellmündung die Versorgung ohne Druckleitung nicht möglich, so sind auch hier Hochbehälter anzulegen.

D. Oberflächenwasser-Versorgungsanlagen.

1. Talsperren.

In Gegenden, in denen die Wasserversorgung größerer Gemeinden oder Städte durch Grund- oder Quellwasser auf besondere Schwierigkeiten stieß, und wo die Verhältnisse für eine Ansammlung größerer unverdächtiger Wassermengen in nahegelegenem Gebirge günstig waren, hat man vielfach durch Anlagen künstlicher Staudämme ausgedehnte offene Reservoire geschaffen, aus denen das Wasser in Rohrsträngen dem Versorgungsgebiete zugeführt wird. In Deutschland hat man sich der Anlage derartiger „Talsperren“ oder „Stauweiher“, die in England, Schottland, Belgien und anderen Ländern häufiger angetroffen werden, erst in den beiden letzten Jahrzehnten zugewandt. Sammelversorgungen durch Talsperrenwasser existieren z. B. in der Rheinprovinz, im Harz und in Sachsen; sie funktionieren nach den bisherigen Erfahrungen in zufriedenstellender Weise. Hinter den Staudämmen, die zur Vermeidung von Dammbrüchen natürlich nach den Regeln der Ingenieurkunst sorgfältigst angelegt sein müssen, sammelt sich das von den Bergen herabkommende Oberflächenwasser an und wird zu Seen aufgespeichert, die je nach dem ermittelten Wasserbedarf und der durchschnittlichen Niederschlagsmenge verschieden groß bemessen werden. In ihnen verweilt das Wasser lange genug, um seine suspendierten Bestandteile durch Sedimentierung abgeben zu können. Es wird aus den tiefen Schichten entnommen, die eine annähernd gleichmäßige, dem Jahresmittel der Luftwärme etwa entsprechende Temperatur aufweisen. Talsperrenwasser ist seiner Herkunft entsprechend meist weich. Die Menge der organischen Substanzen schwankt je nach der Eigenart der Gegend. Wird der Boden des Stauteiches von Pflanzenwuchs freigehalten, wofür bei Neuanlagen stets zu sorgen ist, so läßt sie sich in mäßigen Grenzen halten. Auch der Reichtum des Wassers an Bakterien, der natürlich nach der Jahreszeit, nach der Größe des Stausees und nach der Menge des Zuflusses wechselt, ist infolge der Selbstreinigung in den tieferen Schichten kein erheblicher. In der Talsperre bei Remscheid schwankt z. B. die Zahl der Keime an der Oberfläche zwischen 80 und 1200, an der Sohle zwischen 14 und 225 im Kubikzentimeter.

Die Gegend, in der eine Talsperre angelegt werden soll, ist sorgfältig auszuwählen. Sie muß sich nach der geologischen und sonstigen Beschaffenheit des Bodens, nach der Art und Ergiebigkeit der Zuflüsse, nach der Abschlußmöglichkeit und nach der Lage zum Versorgungsgebiet besonders dazu eignen. Sie soll von menschlichen

Ansiedlungen frei sein und auch Zuflüsse von solchen oder von gedüngten Feldern nicht erhalten. In weiter Umgebung ist das angrenzende Gelände anzukaufen, anzuforsten und vom Verkehr abzusperren, damit Verunreinigungen, so weit es geht, vermieden werden. Für weitgehende Reinigungsmöglichkeit des Beckens ist zu sorgen, ebenso für Ablaß des überflüssigen Wassers vor Beginn von Regenzeiten, z. B. im Herbst, damit neues Wasser das alte ersetzen kann.

Da es sich um Oberflächenwasser handelt, empfiehlt es sich für alle Fälle, das Talsperrenwasser, das zur Abgabe für Trink- und Hausgebrauchszwecke bestimmt ist, vorher durch zweckmäßig angelegte Sandfilter zu schicken. Letztere müssen naturgemäß bezüglich ihrer Wirksamkeit ebenso kontrolliert werden, wie wir es von den Flußwasser-Filteranlagen verlangen müssen. Durch die Filterung, mit der leicht eine Lüftung des Wassers durch Kaskaden usw. zwecks Sauerstoffaufnahme verbunden werden kann, wird eine weitgehende Keimverminderung und Entfernung trübender Stoffe, nötigenfalls auch eine Enteisenung bewirkt.

Gut angelegte Talsperren können nicht nur selbst für größere Städte oder Gemeindesyndikate das nötige Trink- und Hausgebrauchswasser in stets reichlicher Menge liefern, sondern reichen meist auch für eine genügende Versorgung von Industriebetrieben und Kraftanlagen aus. Sie haben vielfach auch sonstige Vorzüge, die beispielsweise in der Verminderung von Hochwasserschäden, der Spülung verunreinigter Flußläufe durch das überschüssig abfließende Wasser oder in der Abgabe desselben an neu angelegte Schiffahrtskanäle bestehen. Auch zur Verschönerung der Gegend tragen sie häufig bei.

2. Filteranlagen.

Die Sandfilter, die zu dauerndem Betriebe für Wasserversorgungsanlagen erbaut werden, richtet man in etwa 500—5000 qm großen, vollkommen wasserdicht hergestellten und gut fundierten Bassins ein. Auf dem Boden der Bassins, der ein genügendes Gefälle nach dem Auslauf hin haben muß, werden Backstein-Sickerkanäle mit Sammelkanälen und Lüftungsrohren angelegt. Nach v. Esmarch (5) soll die Füllung von unten nach oben folgendermaßen zusammengesetzt sein:

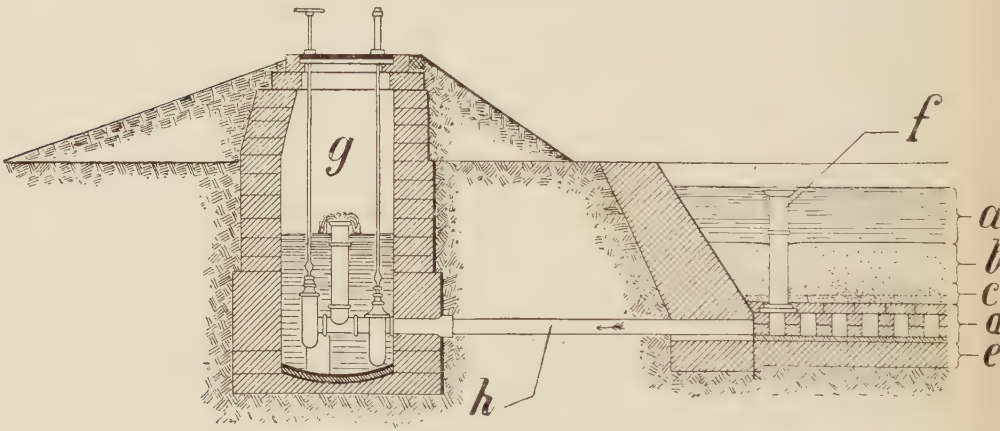
1. Feldsteine von 60—200 mm Durchmesser in 250 cm hoher Schicht,
2. Grober Kies „ 30—60 „ Korngröße „ 150 „ „ „ „
3. Mittelfeiner Kies v. 20—30 „ „ „ 120 „ „ „ „
4. Feiner Kies von 10—20 „ „ „ 8 „ „ „ „

5. Grober Sand von 3—4 mm Durchmesser in 5 cm hoher Schicht,
6. Feiner scharfer
Sand von 0,5—1 „ „ in 60-140 „ „ „ .

Sämtliche Füllmaterialien müssen gut gesiebt, also gleichmäßig in der Korngröße, vollkommen rein (frei von organischen Beimengungen) und vor dem Einbringen sorgfältig ausgewaschen sein.

Die Filter müssen eingedeckt werden, wenn zu befürchten ist, daß sich durch ihr Einfrieren zur Winterszeit schwerwiegende Störungen des Betriebes einstellen. Je nach der Größe der Anlage werden sich hierzu Holzzementdächer oder gewölbte Eindeckungen mit Erdaufschüttung und Rasendecke empfehlen. Offene Filter können während der Frostperiode nicht gereinigt werden. Ueberdeckte Filter, die auch

Abbildung 127.



Durchschnitt einer Filterabteilung (nach Gärtner).
a = Rohwasser; b = Feinsand und Grobsand; c = Feinkies und Grobkies; d = Schicht aus lose zusammengesetzten Ziegeln; e = Zementwasserwerk; f = Rohwasserkanal; g = Regulierwerk für den Reinwasserabfluß; h = Reinwasserkanal.

eine genügende Zufuhr von Luft und Licht haben müssen, ermöglichen im allgemeinen eine längere Betriebsdauer als die offenen, und liefern ein gleichmäßiger temperiertes Wasser.

Das Rohwasser, das nötigenfalls vorher besondere Klärbassins passiert hat, muß auf die Filterschicht so zugeführt werden, daß die Schlammdecke (S. 251) durch dasselbe nicht geschädigt werden kann. Vielfach wird es durch Rinnen, über deren Ränder es gleichmäßig hinwegtritt, auf die Gesamtoberfläche verteilt oder es fällt über den trompetenförmig nach oben sich öffnenden Rand des Einlaufrohres, in dessen Umgebung der Sand durch eine Lage von Pfannen gegen

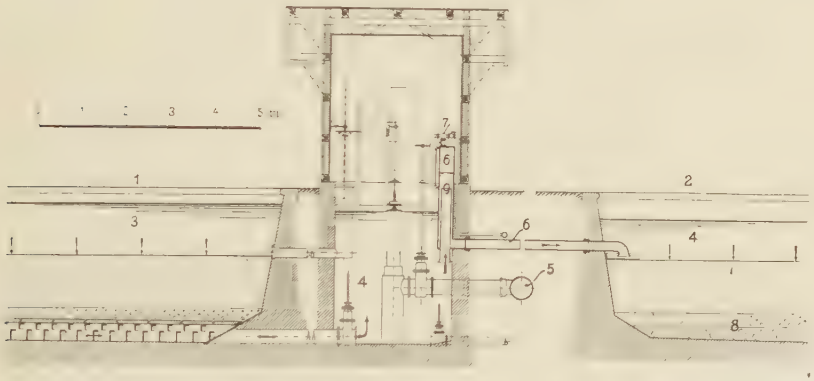
Wegspülung geschützt wird. Der Zufluß soll in $^1/_2$ m Höhe über der Sandoberfläche, bei voller Füllung mit Sand, gelegen sein.

Die Regelung des Wassereinlaufes geschieht durch Schieberstellung. Ein Ueberlaufrohr, das 1,2—1,5 m Höhe über der Sandoberfläche angebracht ist, führt das etwa überschüssig zutretende Rohwasser ab. Bei größeren Werken werden meist Schwimmerventile vorgesehen, die den Zufluß bei Ueberschreitung eines gewissen Wasserstandes selbsttätig abschließen.

Jedes Filter muß mit einem Entleerungsrohr versehen sein, damit nach dem Anlassen des Filters das erste Wasser in die Kanalisation abgeführt werden kann.

Besondere Vorkehrungen sind für die Regelung des Filterdrucks zu treffen, weil bei stärkeren und plötzlichen Schwankungen desselben

Abbildung 128.



Zwei offene Filter, zu Doppelfiltration angestellt (nach Götze).
1 = Vorfilter; 2 = Nachfilter; 3 = Rohwasser; 4 = erstes Filtrat (Vorfiltrat); 5 = Reinwasserleitung; 6 = Heberleitung; 7 = Wasserstrahlapparat zum Leersaugen des Hebers; 8 = zweites Filtrat (Nachfiltrat). Die höher als die Filter liegende Ueberlaufkante des Hebers (9) macht Rücktritt des Rohwassers von 2 nach 1 unmöglich.

die sichere Filtrationswirkung in Frage gestellt wird. Abb. 127 zeigt eine Regulierungsvorrichtung einfacher Art.

Nach Götze (4) sind Regler vorzuziehen, die den Filterdruck selbsttätig einstellen, sich also von selbst der zunehmenden Verschlammung anpassen. Bei solchen kann der Rohwasserspiegel beliebig schwanken, ohne daß Filterdruck und Filtertätigkeit beeinflußt werden.

Eine solche Vorrichtung ist in Fig. 128 abgebildet. Das Filtrat strömt durch ein Rohr in den Reglerbrunnen für Wasseraustritt. In diesem ist ein Knierohr eingebaut, dessen wagerechter Schenkel zum Reinwasserkeller leitet, in dessen

senkrechten, oben offenen Schenkel aber ein Bronzerohr, das an Schwimmern aufgehängt ist, verschiebbar eingesetzt ist. In das Bronzerohr fließt das filtrierte Wasser mit einstellbarer Ueberfallhöhe oben ein. Letztere bleibt bei Schwankungen des Wasserspiegels konstant, weil die Ueberlaufkante des Bronzerohrs mit den Schwimmern steigt und fällt, weshalb aus der Regulierkammer die der eingestellten Ueberfallhöhe entsprechende Wassermenge unabhängig von dem absoluten Wasserstand der Kammer herausfließen muß. Folge davon ist, daß der Unterschied zwischen dem Rohwasserspiegel und dem Wasserspiegel in der Reglerkammer, der Filterdruck, sich auf das jeweilig erforderliche Maß selbsttätig einstellt. Bei zu großer Druckhöhe würde mehr Wasser in die Reglerkammer fließen als heraus: die Schwimmer würden steigen; bei zu kleiner Druckhöhe würde weniger Wasser in die Kammer fließen: die Schwimmer würden fallen. Wenn der Rohwasserspiegel des Filters steigt oder fällt, verändert sich der Wasserspiegel in der Kammer gleich viel: die Druckhöhe bleibt also, unabhängig von solchen Schwankungen des Rohwasserspiegels, konstant. Nimmt dagegen die Verschlammung und der Widerstand der Filter zu, so steigt die Druckhöhe ganz gleichmäßig. Ein etwaiger Durchbruch der filtrierenden Schicht dagegen würde sich durch sofortige Verringerung des Filterdrucks kennzeichnen. Filterdruck und Filtergeschwindigkeit werden von Pegeln, die mit dem Regler verbunden sind, abgelesen. Bei solchen Reglern ist eine gewisse Sorgfalt in Konstruktion und Ausführung zu dem Zweck zu wahren, daß schädliche Reibung vermieden wird. Hauptvorteile dieser selbsttätigen Regler sind, daß durch sie die höchste Gleichmäßigkeit im Betrieb der Filter und damit in ihrer qualitativen Leistung erreicht wird, daß Schwankungen des Wasserspiegels, die im Filterbetriebe unvermeidlich sind, ganz ohne Einfluß auf die Regelung sind, daß die Reglerhäuser nur sehr selten betreten werden müssen, und daß an Bedienung gespart wird.

Die Größe der Filterfläche ist von der Größe des Wasserbedarfs, der Reinheit des Rohwassers und der Beschaffenheit des Filtermaterials abhängig zu machen. In der Regel soll 1 Quadratmeter Filterfläche in 10 Stunden nicht über 1 Kubikmeter Reinwasser liefern. Die filtrierende Fläche wird zweckmäßig in wenigstens 4, bei größeren Anlagen in noch mehr getrennte Abteilungen zerlegt, die abwechselnd gereinigt werden können. Als Reservefilterfläche ist stets 10—25 % der Gesamtfilterfläche vorzusehen.

Genügt bei einem besonders stark verunreinigten Rohwasser die Wirkung der einfachen Sandfiltration dauernd oder zeitweise nicht den zu stellenden Anforderungen, so wird sich eine Doppelfiltration empfehlen, für die besonders Goetze (30) eingetreten ist. Die Filterwerke lassen sich sehr leicht derart einrichten, daß die einzelnen Filterbecken durch Heberleitungen mit den beiden benachbarten Filtern verbunden werden (vgl. Abb. 128). Durch diese kann das einmal filtrierte Wasser auf das zweite Filterbett geleitet werden, in dem es den größten Teil der Keime und sehr oft auch die feinsten Trübungen, die in ihm noch enthalten sind, abgibt.

Auch diese „Nachfilter“ müssen eingearbeitet sein und zunächst mit Rohwasser beschickt werden, weil das schon einmal filtrierte Wasser die zur Bildung der Filterhaut notwendigen Bestandteile nicht mehr in genügender Menge enthält.

Wird z. B. bei einem Flußlauf, dessen Wasser unter gewöhn-

lichen Verhältnissen durch einmalige Filtration genügend verbessert wird, durch Wasserstandsberichte von dem Oberlauf Hochwasser gemeldet, das erfahrungsgemäß stärkere Verschmutzungen mit sich bringt, oder wird sonst eine Abnahme der Klarheit des Rohwassers festgestellt, so wird man rechtzeitig das Nachfilter einschalten können. Die Filtergeschwindigkeit im Nachfilter kann unbedenklich gegenüber der sonstigen Norm gesteigert werden, wenn das Werk nicht reichlich mit Filterfläche ausgestattet ist.

Bei besonders schlechter Beschaffenheit des Rohwassers (hoher Gehalt an Salzen usw.) kann die Einrichtung komplizierter Filteranlagen nötig werden. Erwähnenswert ist hier das Puech'sche Filtersystem, in dem das Wasser zunächst mehrere über einander gelegene Grobfilter passiert. Zwischen den einzelnen Filtern sind kaskadenförmige Ueberläufe eingeschaltet, sodaß das Wasser reichlich Licht und Luft aufnehmen kann. Die gewöhnliche langsame Sandfiltration schließt sich an.

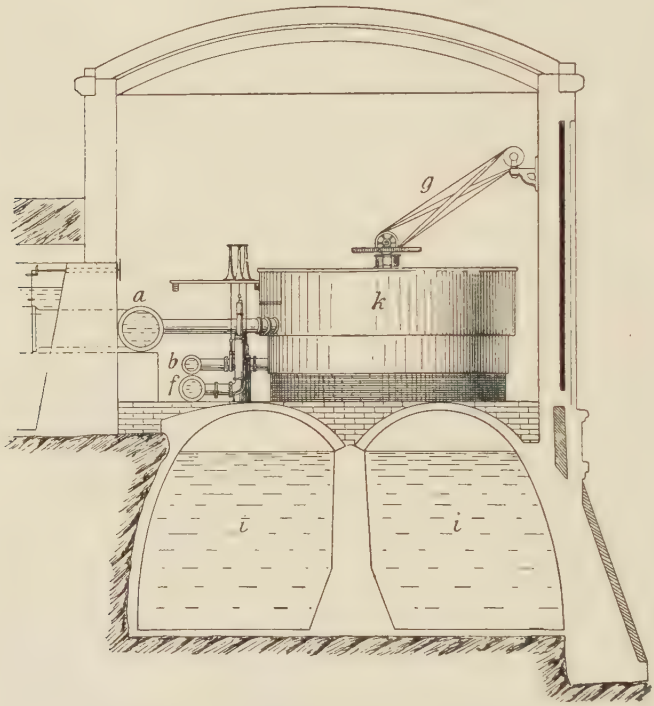
Die Einrichtung der amerikanischen Schnellfilter (Jewell-Filter) beschreibt Gärtner (1) folgendermaßen:

> Das durch Behandlung mit schwefelsaurer Tonerde (s. S. 248) in besonderen Klärbassins vorgeklärte Wasser tritt in ein Filter, das in einem großen Eisentopf von 5—6 m Durchmesser und 3—4 m Tiefe angebracht ist. Auf seinem Boden liegt ein engmaschiges System wasserabführender Rohre, die eine große Zahl kleiner hohler Kästchen tragen. Letztere sind mit feiner Drahtgaze bedeckt, durch die das Wasser hindurchtritt. Ueber ihnen befindet sich eine mehr als 1 m starke Schicht sehr scharfen Sandes. Bis auf die untersten 15—20 cm ragen in diese starke Eisenstäbe hinein, die unten mit kurzen Ketten versehen, oben an den Speichen eines radähnlichen Apparates befestigt sind, der, durch elektrischen Antrieb in Bewegung gesetzt, den Sand kräftig umrühren kann (Abb. 129).
>
> Das vorgeklärte Wasser tritt von oben in gleichmäßigem Strom über die Peripherie des Filtertopfes auf den Sand und durchdringt diesen mit einer Schnelligkeit von 4 m in der Stunde, d. h. wenn ein Filter eine Oberfläche von 20 qm hat, so liefert es etwa 2100 cbm Wasser in 24 Stunden. Die feinen Alaunteilchen bilden eine klebrige Masse und halten besser wie die alten Sandfilter die Bakterien zurück. Nach etwa 24 Stunden versagt das Filter, seine quantitative Leistung geht stark zurück. Dann wird der Wasserzufluß abgestellt und Reinwasser von unten her in das Filter gedrückt, wobei der Sand, durch die Maschinerie umgerührt, in lebhafte Bewegung gerät. In etwa 10—15 Minuten ist der Sand rein und kann von neuem zur Filtration benutzt werden; ebenso lange dauert es, bis wieder ein keimarmes Filtrat dem Reinwasserreservoir zugeführt werden kann.

Die Größe der Klärbassins, die Menge des Alaunzusatzes und die Einzelanordnungen für den Filterbetrieb müssen naturgemäß je nach der Beschaffenheit des Rohwassers variiert werden. Bei der Einrichtung derartiger Anlagen werden die nötigen Unterlagen am sichersten durch die Erfahrungen an einer sorgfältig kontrollierten Versuchsanlage an Ort und Stelle geschaffen, die zweckmäßig in ihrer Größe und Aufstellung so gewählt wird, daß sie einer endgültigen Anlage sich später organisch angliedern ließe. Wenn

die Betriebsbedingungen den bestehenden Verhältnissen richtig angepaßt sind, dann können die Jewellfilter, wie auch die Untersuchungen von Friedberger und Schreiber gezeigt haben, hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit in bakteriologischer Beziehung der langsamen Sandfiltration als gleichwertig an die Seite gestellt werden. Abgesehen von der Zurückhaltung der Keime beseitigt das Verfahren Trübungen und Färbungen des Rohwassers besser als andere; auch zur Enteisenung ist es sehr geeignet.

Abbildung 129.



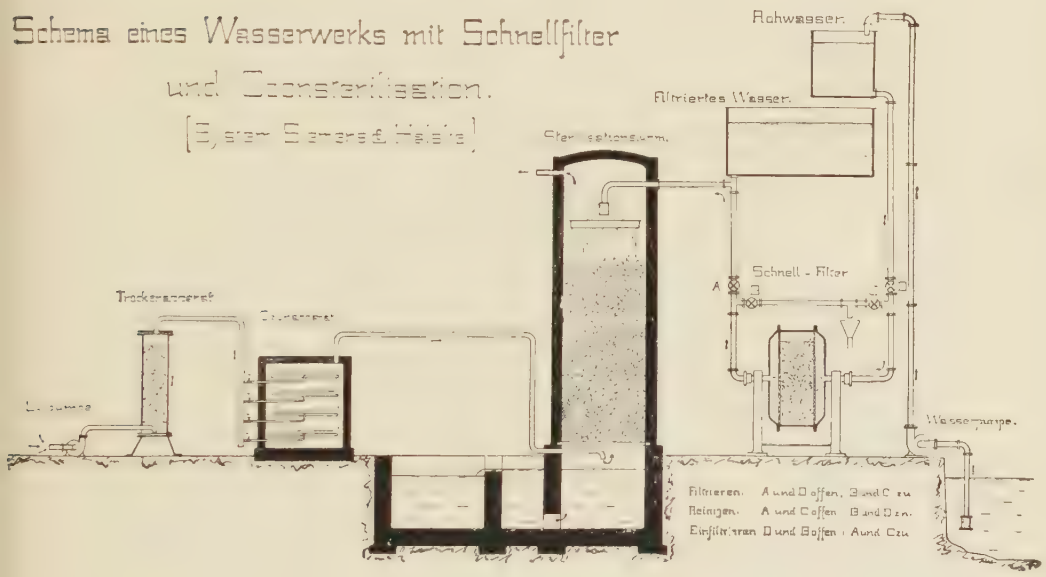
Amerikanische Schnellfilteranlage (nach Gärtner).

a = Verteilungsrohr für das Rohwasser; b = Ablaufrohr für das schmutzige Wasser, das bei der Wäsche des Filtersandes abläuft; f = Ablaufrohr für das Reinwasser; g = Antrieb für den Rührapparat der Filterwäsche; k = Filtertopf; i = Reinwasserreservoir.

Das Verfahren ist besonders dort zu empfehlen, wo die Anlage von gewöhnlichen Sandfiltern wegen der Raumbeschränkung, z. B. in gebirgigen Gegenden und bei Talsperren, zur Reinigung von Oberflächenwasser nicht möglich ist. Für militärische Verhältnisse können ähnliche Gründe entscheidend werden, wenn im Bereich von Festungen Flußwasserwerke in enger begrenztem Terrain an-

gelegt werden sollen, die auch für den Kriegsfall geschützt liegen. Dort, wo sich das Rohwasser durch die Klärung und Schnellfiltration nicht genügend verbessern läßt, oder wo durch dessen häufig wechselnde Beschaffenheit eine entsprechende Variierung der Alaunbehandlung nötig wird, die den technischen Betrieb sehr erschwert und unmöglich immer rechtzeitig den jeweiligen Verhältnissen angepaßt werden kann, ist das Verfahren der Schnellfiltration (als Vorfiltration) mit der langsamen Sandfiltration zu kombinieren. Man kommt unter diesen Bedingungen mit kurzer Sedimentationsdauer und kleineren Alaunmengen (20—30 g) aus.

Abbildung 130.

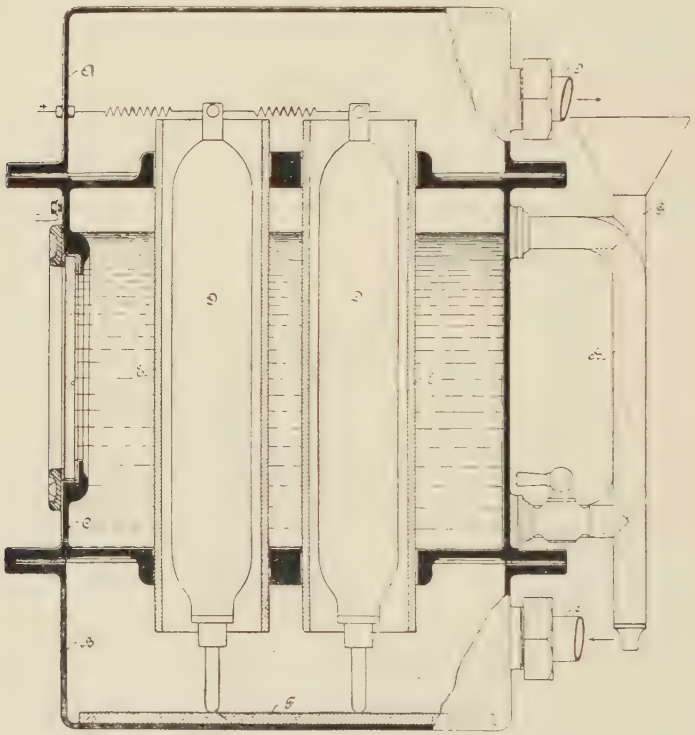


3. Ozonisierungsanlagen.

Die Ozonisierung des Wassers wird in der Regel nur bei Oberflächenwasser und verdächtigem Quellwasser angewandt, kann aber unter Umständen auch für ein nicht infektionssicheres Grundwasser in Betracht kommen. Das Schema einer Wasser-Ozonisierungsanlage gibt Abb. 130 wieder. Das Ozon wird nach dem bewährten Verfahren von Siemens und Halske (31—33) in besonderen Apparaten durch die sogenannte stille (funkenlose) Entladung von Elektrizität in atmosphärischer Luft erzeugt, bei der sich die entgegengesetzten Elektrizitäten nicht in einer Durchbrechung der Luftschicht wie beim Funken, sondern in

einer Art Durchdringung der Luft ausgleichen. Die Luft wird behufs besserer Ozonausbeute durch Chlorkalzium vorgetrocknet und mittels Gebläses unter schwachem Druck durch den Entladungsraum des Ozonapparates mit solcher Geschwindigkeit getrieben, daß sie mit einem für die vorzunehmende Sterilisation geeigneten Prozentsatz von

Abbildung 131.



Ozonisationsapparat.

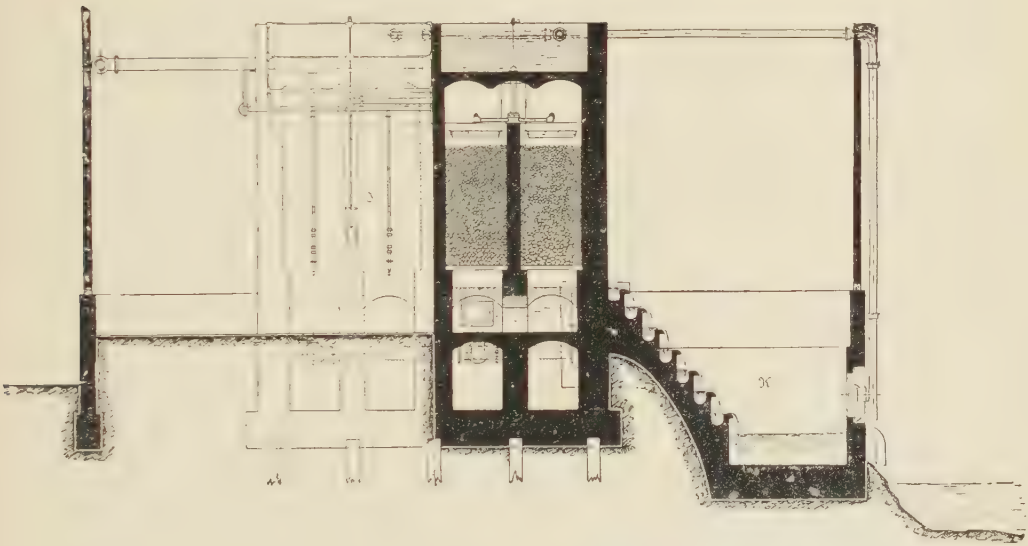
A = oberer Deckel; B = unterer Deckel; C = Mittelstück; D = Innenpol; E = Glaszylinder; F = Isolier-Glasplatte; G = Zuflußrohr und H = Abflußrohr des Kühlwassers; I = Ozon-Luftleitung.

Ozon den Apparat verläßt. Die Ozonisatoren gebrauchen zur Ozonisierung der Luft hochgespannte Elektrizität, die durch Transformatoren aus niedriggespanntem Wechselstrom erzeugt wird. Letzteren liefert eine Wechselstrommaschine, die durch einen Gas- oder Benzinmotor betrieben wird. Für Erregung der Wechselstrommaschine dient, wie üblich, eine kleine Gleichstrommaschine. Der Motor hat auch diese

und außerdem mit Hilfe einer Transmission die Pumpen und das zur Ansaugung der Luft dienende Gebläse anzutreiben.

Die Einrichtung der Ozonapparate ist aus Abb. 131 ersichtlich. Der Entladungsraum wird durch 2 ineinanderstehende Zylinder gebildet, einen äußeren Glaszylinder als den einen und einen inneren Metallzylinder als den anderen Pol. Die Siemensschen Röhrenapparate, die mit Kühlung des einen Pols durch zirkulierendes Wasser arbeiten, bestehen aus einem gußeisernen Kasten, mit 3 Teilen: einem unteren Raume zur Aufnahme und Verteilung der Luft in die Röhrenelemente, einem oberen Raum für Sammlung der Ozonluft und einem allseitig geschlossenen mittleren Kasten, in dem die Ozonröhren durch Stoffbuchsendichtung eingelassen sind. In dem oberen Teil befindet sich, isoliert eingeführt und geschützt gegen Berührung liegend, der gefährliche, nicht geerdete Hochspannungspol; in dem mittleren Ozonröhrenbehälter zirkuliert Kühlwasser, das gleichzeitig mit

Abbildung 132.



Sterilisationsturm einer Ozonanlage.

dem anderen Hochspannungspol in Verbindung steht und die Stromzuleitung zu den Glaszylindern bildet. Da der Eisenkasten als ein Pol der Hochspannnng an Erde liegt und der andere Pol sowohl mit gutem Porzellan-Isolationsschutz eingeführt ist, als auch in der geschlossenen Kammer des Ozonapparates vollständig geschützt liegt, so kann der Apparat selbst während des Betriebes ohne jegliche Gefahr vom Personal angefaßt und ausgeschaltet werden. In den Deckel der Vorderseite und den Boden des Eisenkastens sind Spiegelglasscheiben eingelassen, sodaß beim Betreten des meist dunkel gehaltenen Ozonapparatenraumes das blaue Leuchten der Apparate, als Zeichen guten normalen Funktionierens, sofort übersehen werden kann. Für Wasserwerke werden die einzelnen Ozonapparate zu Ozonbatterien zusammengestellt. Jeder einzelne Apparat liefert je nach der Menge der durchgeleiteten Luft und dem Grade, in dem diese getrocknet ist, stündlich 13—27 g Ozon, die zur Behandlung von 10 cbm Rohwasser ausreichen, falls letzteres nicht übermäßig reich an oxydierbaren Stoffen ist.

Aus den Ozonapparaten tritt die mit Ozon geschwängerte Luft nun von unten her in einen Sterilisationsturm, dessen Einrichtung Abb. 132 veranschaulicht. Es ist dies ein 4 m hoher Turm aus Mauerwerk von Zementbeton, der aus 3 Teilen besteht, einem oberen Rohwasserbassin, dem eigentlichen Sterilisationsraum und dem Sammelbassin für das behandelte Wasser. Das Innere des Vollturmes ist durch zwei Querwände in vier selbständige Turmschächte zerlegt, die alle ihr Rohwasser durch einen gemeinsamen Wasserzulauf mit Absperrventil erhalten. Durch einen vierarmigen Verteiler tritt das Wasser auf ein Verteilungssieb und von diesem in gleichmäßigem Regenfall auf die Kiesfüllung im Innern der Turmschächte. In der 2 m hohen Kiesschicht herniederrieselnd begegnet es unter Darbietung einer sehr großen Absorptionsoberfläche der unter schwachem Ueberdruck nach oben aufsteigenden Ozonluft, wobei eine für die Sterilisation ausreichende Ozonmenge in Lösung geht. Durch den die Kiesschicht tragenden Eisenrost fließt das ozonisierte Wasser in das unten befindliche Sammelbassin, aus dem es dann durch Pumpen abgeleitet wird. Haftet der Ozongeruch längere Zeit an dem Rohwasser — je nach dessen Eigenart wechselt das — so wird es nach dem Verlassen des Turmes zwecks Lüftung zunächst noch über Kaskaden geleitet.

Die Ozonluft bewegt sich, wie auch aus Abb. 130 ersichtlich ist, in geschlossenem Kreislauf durch Ozonapparate und Sterilisationstürme. An einer Saugstelle der Kreislaufleitung ist zum Ersatz des verbrauchten Sauerstoffes ein Frischlufthahn angebracht.

Weist das zu ozonierende Wasser einen Eisenoxydulgehalt auf, der die Ozonwirkung stören oder einen größeren Ozonverbrauch bedingen würde, so läßt sich unschwer über den Sterilisationstürmen eine Lüftungs- bez. Eisenfällungsanlage anbringen in Form eines Regenfalles in einem gemauerten, allseitig geschlossenen Kasten, durch den mittels Ventilators ein starker Luftstrom geblasen wird.

Ist das Rohwasser reich an suspendierten Bestandteilen, die bei ihrem Absatz in der Kiesschicht zu Störungen der Ozonwirkung führen könnten, so wird vor dem Eintritt des Wassers in die Anlage ein Schnellfilter oder mindestens ein der Schnellfilterwirkung in Bezug auf die Zurückhaltung jener Körper nahekommendes System von Filtertüchern einzuschalten sein.

Die neueren Ozonanlagen sind mit besonderen Sicherheitsvorrichtungen versehen, die das Wasserwerk sofort automatisch stillstellen, wenn die elektrische Anlage versagt oder wenn die Zuführung der Ozonluft zu dem Wasserturm eine Störung erfährt. Auf einem am Schaltbrett angebrachten Klappentableau wird durch Herabfallen einer Klappe die Nummer der gestörten Apparatengruppe ersichtlich, während gleichzeitig ein Glockensignal solange ertönt, bis die Störung beseitigt ist. Der Eintritt von Rohwasser in die Leitung ist bei Betriebsstörungen somit ausgeschlossen. Auch automatische Spannungsregulatoren und zur Kontrolle des Wärters dienende Spannungsregistrierer werden vielfach benutzt.

Der Sterilisationseffekt des Ozonverfahrens ist in hohem Grade abhängig von der Menge der oxydierbaren Substanzen des Rohrwassers. Je geringer diese ist, desto leichter und mit desto geringeren Mengen Ozon ist das Wasser zu sterilisieren.

Das Ozon greift zunächst die leblosen oxydierbaren Stoffe des Wassers an, und erst, wenn deren Oxydation bis zu einem gewissen Grade fortgeschritten ist, wird die Bakteriensubstanz vom Oxydationsprozeß ergriffen. Wird hierbei nicht alles Ozon verbraucht, so ist der Rest in dem ozonisierten Wasser sofort nach dem Verlassen der Sterilisationstürme noch nachzuweisen. Der positive Ausfall der Ozonreaktion wird dann beweisen, daß das Ozon auch auf die Bakterien seine Wirkung ausgeübt haben muß.

Fällt die Ozonreaktion nur schwach positiv oder gar negativ aus, so beweist dies, falls die durch die Türme geschickte Wassermenge und die Ozonkonzentration der ihr entgegentretenden Luft bei regelrechtem Betriebe die gleiche blieb, daß die Beschaffenheit des Rohwassers sich geändert hat — die Menge der organischen Substanz von Oberflächenwasser kann sich beispielsweise nach Regengüssen bekanntlich zeitweise wesentlich steigern —; in diesem Falle ist durch Erhöhung der elektrischen Spannung an den arbeitenden Ozonapparaten oder durch Heranziehung der Reserven die Ozonmenge vorübergehend zu erhöhen oder eine geringere Wassermenge durch die Anlage zu schicken.

Das Ozonwasserwerk, das seit dem Jahre 1902 die Stadt Paderborn versorgt, kann bei einem Kraftaufwand von 3 Kilowatt an der Primärspule des Transformators stündlich 60—85 cbm, also am Tage rund 2000 cbm Rohwasser sterilisieren. Es besitzt eine Batterie von 9 Ozonapparaten, die in 3 selbständigen Gruppen zu je 3 nebeneinanderliegenden Apparaten angeordnet sind, und 2 Sterilisationstürme. Auf jeden der letzteren kommt eine Apparatgruppe, während die dritte als Reserve verbleibt. Durch jeden Turmschacht von 1 qm Querschnitt gehen in der Stunde etwa 15—20 cbm Wasser und 30—40 cbm Ozonluft.

Die Gesamtkosten für die Ozonierung eines Kubikmeters Wasser stellen sich bei der Paderborner Anlage auf 2,5 Pfennig, sie würden bei größeren Anlagen auf 1,0—0,5 Pfennig reduziert werden können.

Nach denselben Prinzipien, wie sie eben für größere Werke geschildert wurden, lassen sich nach Erlwein (32) auch kleinere Ozonanlagen mit 3—10 cbm Stundenleistung ausführen. Derartige Anlagen können z. B. besonders empfohlen werden für einzelne Forts und Festungswerke, in denen die Sicherstelung eines einwandfreien Grundwassers auf Schwierigkeiten stößt und elektrische Einrichtungen zur Verfügung stehen.

Wenn auch volle Sterilisierung nicht immer erreicht wird, so werden durch die Ozonisierung des Wassers doch unter der Voraus-

setzung, daß die Betriebsbedingungen nach den obigen Ausführungen festgesetzt und gleichmäßig erhalten werden, die im Wasser enthaltenen Bakterien — und unter ihnen gegebenenfalls auch Typhus-, Cholera- und Ruhrbazillen — in genügend zuverlässiger Weise abgetötet. Das haben nicht nur die eingehenden Untersuchungen an einer lange Zeit von der Firma Siemens und Halske in Martinikenfelde in Betrieb gehaltenen Versuchsanlage bewiesen, die mit dem stark verunreinigten und künstlich infizierten Wasser der Spree arbeitete, sondern auch die nunmehr auf 8 Jahre zurückreichenden praktischen Erfahrungen des Padeborner Ozonwerkes. Namentlich dort, wo man auf die Verwendung eines gegen Infektionen nicht genügend gesicherten Oberflächen- oder Grundwassers angewiesen ist und wo die räumliche Ausdehnung oder sonstige Gründe die Anlage großer Sandfilter verbieten, wird man die Ozonisierung mit großem Vorteil heranziehen. Ferner wird bei Filtrationsanlagen, die mit einer plötzlich auftretenden stärkeren Verschmutzung des Rohwassers rechnen müssen, eine sofort in Betrieb zu setzende Reserve, wie sie eine Ozonanlage darstellt, sehr erwünscht sein.

Auch transportable Ozonanlagen sind von der Firma Siemens und Halske konstruiert und z. B. von Musehold und Bischoff (34) beschrieben worden. Bei eingehenden Nachprüfungen haben sie sich jedoch bisher als kriegsbrauchbar noch nicht bewährt, da die Vorfiltration für Oberflächenwasser nicht ausreicht.

E. Die Zuleitung des Wassers aus zentralen Versorgungsanlagen.

Die Zuleitung des Wassers aus zentralen Versorgungsanlagen geschieht entweder durch eigenes Gefälle oder aber durch Maschinenkraft. Letzteres ist die Regel bei ausgedehnten und hochgelegenen Versorgungsgebieten und namentlich dann, wenn das Wasser auch in höhere Stockwerke der Häuser geleitet werden soll.

1. Reservoire bez. Hochbehälter.

Für größere Versorgungsanlagen werden fast stets Reservoire vorgesehen. Sie sind erforderlich, damit durch sie der wechselnde Tagesbedarf ausgeglichen und immer ein Vorrat größerer Wassermengen bei etwaigen Störungen im Pumpbetriebe vorhanden ist. Auch ein gleichmäßiger Druck in der Wasserleitung wird durch sie am besten gewährleistet. Zweckmäßig ist die Einrichtung von wenigstens 2 Reservoiren, damit gelegentlich eins derselben ohne Betriebsstörung

gründlich gereinigt werden kann. Unter Umständen wird es sich empfehlen, sie an verschiedenen Stellen des Versorgungsgebietes anzulegen, namentlich wenn letzteres in verschiedene Druckzonen je nach der Höhenlage einzelner Stadtteile eingeteilt ist. Die Größe der Reservoire richtet sich nach dem Wasserbedarf und wird gewöhnlich dem größten Tagesbedarf entsprechend angenommen.

Als Niederreservoire (bei natürlicher Hochlage des Wasserwerkes) baut man im Boden gut fundierte, wasserdicht gemauerte und überwölbte, gegen Temperaturschwankungen mit $1^1/_2$ m Erdschicht und Rasenbelag versehene Bassins. Ihre Einrichtung soll eine derartige sein, daß das Wasser nirgends stagnieren kann. Tote Winkel sind zu vermeiden. Am einfachsten wird dies dadurch erreicht, daß Scheidewände eingebaut werden, die dem durchtretenden Wasser einen schlangenförmigen Weg vorschreiben, und daß man Zu- und Abflußrohr auf verschiedene Seiten legt. Auf die Möglichkeit einer leichten und vollkommenen Entfernung des sich im Laufe der Zeit bildenden Schlamms muß schon bei der Anlage Bedacht genommen werden. Durch nach außen führende Rohre, deren Oeffnung gegen das Hineingelangen von Tieren usw. durch Siebdraht zu schützen ist, ist für hinreichende Lüftung zu sorgen. Der Wasserstand muß leicht zu kontrollieren sein.

Hochbehälter werden entweder auf nahegelegenen Anhöhen angelegt oder aber als Eisenbassins in besonders für diese Zwecke errichteten Wassertürmen untergebracht. Sie sollen so hoch liegen, daß das Wasser von ihnen durch natürliches Gefälle bis in die obersten Etagen der zu versorgenden Häuser geleitet werden kann.

2. Rohrnetz.

Das Rohrnetz, welches das Wasser verteilt, ist je nach dem Umfang und der Lage der zu versorgenden Gebäude mehr oder weniger verzweigt. Die Verteilung erfolgt nach v. Esmarch (5) entweder nach dem Verästelungssystem mit baumartiger Röhrenverzweigung oder nach dem Zirkulations - Kommunikationssystem, bei dem kommunizierende Rohrstränge die einzelnen Versorgungsbezirke verbinden und somit deren Speisung von 2 Seiten her ermöglichen, oder schließlich nach kombinierten Systemen. Das Verästelungssystem hat den Vorteil, daß das Wasser stets in derselben Richtung strömt und daß eine Schlammaufwirbelung im Röhrennetz weniger zu befürchten ist. Es hat aber den großen Nachteil, daß in den Endsträngen bei unregelmäßiger Benutzung sehr häufig das Wasser stagniert und dadurch verschlechtert wird. Außerdem muß bei Rohrbrüchen meist das

Wasser für größere Bezirke abgesperrt werden; die Erweiterung eines derartigen Rohrnetzes kann häufig auf große technische Schwierigkeiten stoßen. Das Zirkulations-Kommunikationssystem vermeidet diese Nachteile, kann aber bei stärkerer Schlammablagerung im Rohrnetz (besonders bei eisenhaltigem Wasser) ein trübes Wasser liefern. Die kombinierten Systeme, bei denen nur die Hauptstränge der Leitung mit einander verbunden sind, werden heute am meisten angewandt.

Die Hauptzuflußrohre werden am besten doppelt verlegt, damit bei Rohrbrüchen nicht das ganze Versorgungsgebiet wasserleer ist. Ihre Weite richtet sich nach dem Wasserbedarf und der beabsichtigten Maximalgeschwindigkeit, beträgt aber bei größeren zentralen Anlagen mindestens 80 mm. Die Rohrstränge, die im weiteren Verlauf der Leitung von dem Hauptrohr und dessen Hauptzweigrohren abgehen, haben entsprechend geringeren Durchmesser.

Nach v. Esmarch wählt man bei kleineren Bezirken Rohre von

19 mm lichter Weite für 10 Zapfstellen,
26 „ „ „ „ 10—20 Zapfstellen,
39 „ „ „ „ 20—40 „
13 „ „ „ „ einen Küchenausfluß oder Waschbecken,
20 „ „ „ „ Klosett, Bad oder Douche,
25 „ „ „ „ Feuerhähne.

Als Material für die Rohre dient am besten innen und außen asphaltiertes oder geteertes Gußeisen, seltener werden Zement- oder Betonrohre verwendet. Sie sollen vorher auf den nötigen Druck geprüft sein und mindestens 1,5 m tief verlegt werden. An den tiefsten Stellen des Systems sind Entleerungshähne, an den höchsten Entlüftungshähne — diese möglichst mit automatischer Wirkung — anzubringen. In Abständen von etwa 300—500 m werden Revisionsschächte eingebaut, die bei Betriebsstörungen eine schnelle Ausschaltung der einzelnen Stränge ermöglichen sollen.

Alle Verbindungen zwischen den einzelnen Röhren müssen peinlichst abgedichtet werden, damit nicht Unreinigkeiten eindringen können. Im Allgemeinen wird ja bei Leitungen, deren Wasser unter Druck steht, eine Ansaugung von Schmutzwasser aus der Umgebung nicht stattfinden. Unter besonderen Umständen aber kann, wie Oesten zeigte, dies doch eintreten, wenn z. B. das Rohr einen engen, unter spitzem Winkel mit der Richtung des Wasserstromes verlaufenden Riß aufweist.

Im Innern der Häuser werden meist Bleirohre verwendet, weil sich diese am besten biegen lassen und am wenigsten Reparaturen

erfordern. Sie sollen leicht zugänglich und ebenfalls frostsicher liegen, müssen aber von den Abflußrohren der Klosetts und Ausgußbecken absolut sicher isoliert sein, damit bei Rohrbrüchen usw. Schmutzwasser nicht in sie eintreten kann (vgl. S. 200).

Auf die Gefahren, die dem Wasser in Bleirohren unter Umständen drohen, ist bereits hingewiesen worden. Ungeschützte Bleirohre dürfen keinesfalls verwendet werden, wenn das Röhrensystem öfter leer läuft (intermittierende Wasserversorgung) und wenn nicht erwiesen ist, daß dem Wasser bleilösende Eigenschaften nicht zukommen (S. 212). Werden Bleirohre innen mit einem dichten Mantel von bleifreiem Zinn versehen, so ist die Gefahr einer Bleilösung ausgeschlossen. Solche Rohre dürfen nur mit dem Lötkolben verbunden werden, nicht aber unter Verwendung einer Stichflamme, weil sonst der Zinnmantel leicht schmilzt. Auch dadurch, daß man durch die Bleirohre zunächst Lösungen von kohlensauren Salzen hindurchschickt, kann man die Gefahr der Bleilösung verringern; es bildet sich dann an ihrer Innenfläche ein vollkommener Ueberzug von unlöslichem Bleikarbonat.

Ebenso wie Bleiröhren können auch die vielfach für Hausleitungen empfohlenen und gebrauchten, innen und außen verzinkten Eisenröhren unter Umständen dadurch das Wasser verderben, daß sie ihr Zink abgeben. Nach Brüning (35) ist hier weniger der etwaige Gehalt des Wassers an freier Kohlensäure entscheidend, als die an sich große Lösungstension des Zinks. Sobald nur kleine Flächen von Eisen freiliegen, was sich an den Verschraubungsstellen usw. gar nicht vermeiden läßt, bildet sich durch die Berührung der beiden Metalle mit dem salzhaltigen Wasser eine kurzgeschlossene galvanische Kette, wobei so lange Zink (weil es die größere Lösungstension hat) in Lösung geht, als Zink überhaupt vorhanden ist; erst dann kann das Eisen angegriffen werden, also rosten. Eine Bildung von Zinkkarbonat auf dem Rohre selbst, analog der von Bleikarbonat auf Bleiröhren, ist unter diesen Umständen ausgeschlossen.

Eine Verwendung von Zinn als Ueberzug für Eisenröhren wäre noch weniger rationell, weil hier auf die gleiche Weise nicht das Zinn, sondern infolge seiner größeren Lösungstension das Eisen angegriffen werden würde, was eine schnelle Zerstörung der Rohrwand zur Folge hätte.

Durch eisenhaltiges Wasser können im Rohrsystem, wie schon früher erwähnt wurde, Verstopfungen bedingt werden, die meist auf Ablagerungen des Eisenschlamms infolge Wucherung von Eisenalgen (Crenothrix polyspora) zurückzuführen sind.

Sind bei Reparaturen am Rohrnetz Verunreinigungen in die Wasserleitung gekommen, so wird sich in den peripher gelegenen Abschnitten nach den Beobachtungen von Kißkalt eine starke Keimzunahme meist erst nach 4—5 Tagen bemerkbar machen.

Eine Desinfektion infizierter Rohrleitungen läßt sich dadurch erreichen, daß man sie nach völliger Entleerung für mehrere Stunden mit einer 2 prom. Lösung 60 gradiger Schwefelsäure anfüllt. Nachher wird mit reinem Wasser solange nachgespült, bis Säure nicht mehr nachweisbar ist. Bei militärfiskalischen Wasserleitungen darf dies in jedem Falle nur mit Genehmigung des Garnisonkommandos und unter militärärztlicher Mitwirkung geschehen. (F.S.O., Beil. 34, Ziffer 39.) Priefer (9) hat empfohlen, an den Leitungsrohren in gewissen Abständen Ansatzstücke anzubringen, durch die zwecks Reinigung und Desinfektion des Rohrnetzes Dampf eingeleitet werden kann.

Müssen in den Gebäuden Sammelbehälter angelegt werden, so werden diese entweder aus Mauerwerk mit Zementverputz oder Stampfbeton, am besten aber aus Eisen hergestellt. Sie müssen natürlich in ihren Wandungen vollständig dicht und auch in ihrer Abdeckung so beschaffen sein, daß eine Verunreinigung des Wassers durch sie ausgeschlossen ist. Die früher bei den Wasserschächten gegebenen Gesichtspunkte gelten auch hier. Eisenbehälter sind mit einem Anstrich zu versehen, der ihre Wände gegen Rost schützt, aber an das Wasser gesundheitsschädliche oder den Geschmack beeinträchtigende Stoffe (Blei usw.) nicht abgeben darf.

Die Sammelbehälter müssen für Unbefugte unzugänglich und leicht zu reinigen sein. Die Rohre für das Ueberlaufwasser und die Entleerungsrohre dürfen mit der Kanalisation nicht in Verbindung stehen, damit bei etwaigen Rückstauungen von dort aus das Wasser nicht infiziert werden kann (Loesener).

3. Zapfhähne und Ventilbrunnen.

Aus der Leitung entnommen wird das Wasser, wenn wir von den speziell für Betriebs- und Feuerlöschzwecke dienenden Hydranten absehen, entweder durch Zapfhähne oder durch Ventilbrunnen.

Zapfhähne werden vorwiegend im Innern von Gebäuden angebracht und bieten an sich in hygienischer Hinsicht wenig Interesse.

Ventilbrunnen, auch Wasserpfosten, Druckständer oder Zapfständer genannt, finden Verwendung auf Straßen, Kasernen- und Schulhöfen und vor einzelnen Gebäuden. Bei fehlerhafter Konstruktion und schlechter Ausführung bieten sie für das durch sie entnommene Wasser mancherlei Gefahren. Es muß daher auf ihre Einrichtung etwas näher eingegangen werden.

An einen guten Ventilbrunnen sind in hygienischer wie technischer Hinsicht folgende Anforderungen zu stellen:

Er muß eine sichere Gewähr dafür bieten, daß von außen her nicht Verunreinigungen in das Innere gelangen können. — Zu diesem Zweck ist es notwendig, daß die Ummantelung (Schachtrohr und Säule) des Brunnens vom Fuß bis zum Scheitel aus einem lückenlosen Stück besteht, also keine Verbindungsstellen enthält, durch welche Verunreinigung eintreten könnte. Die Handhebelvorrichtung muß bei der Durchdringung in die Säule dicht abschließen, darf also keine Oeffnung frei lassen, durch welche Schmutz eingebracht und der Hebel festgestellt werden könnte. Der Auslauf muß besondere und verdeckte Lufteinsaugöffnungen enthalten, damit unter den Auslauf gehaltene Flüssigkeit nicht in den Brunnen eingesaugt wird und ferner beim Zuhalten des Auslaufs das Wasser durch die Nebenöffnungen austreten, der Brunnen also nicht angefüllt werden kann.

Weiterhin müssen Verunreinigungen des Brunnenwassers auch von innen her ausgeschlossen sein. Es muß verlangt werden, daß der Brunnen in seinem gesamten Innenraume keine Winkel, Ecken, „tote Räume“ usw. enthält, in denen Wasser stehen bleiben, oder sich stoffliche Ablagerungen bilden könnten, die stagnieren, in Fäulnis übergehen und so einen Bakterienherd bilden.

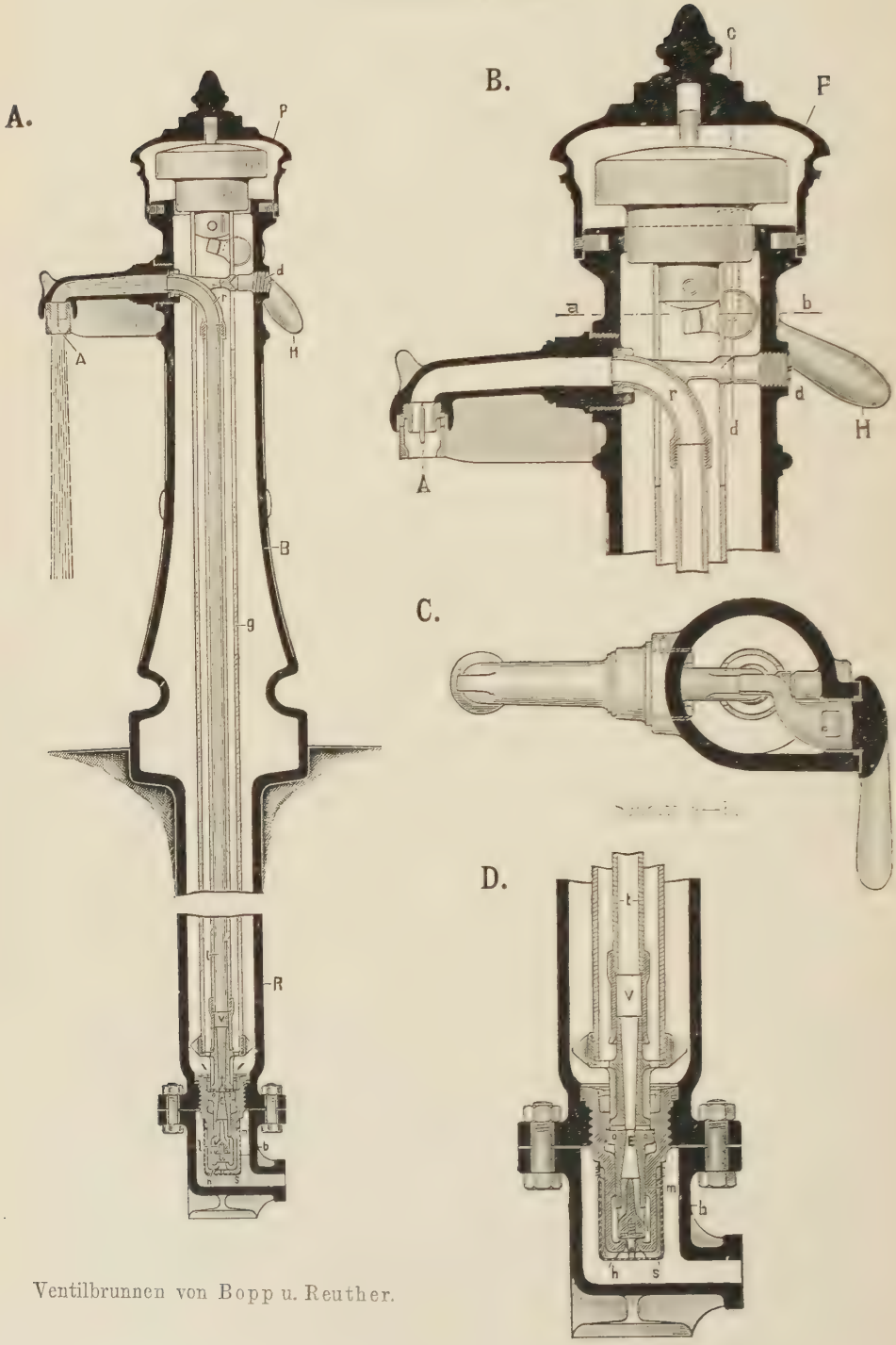
Das gesamte Brunneninnere muß der leersaugenden Wirkung des Ejektors ausgesetzt sein. Die Leersaugung muß bei jedesmaligem Gebrauch unter allen Umständen stattfinden, selbst bei geringster Wasserentnahme und bei etwaiger Veränderung der Teile infolge Abnützung. Am sichersten wird dies erreicht, wenn die Ejektorsauglöcher stets am tiefsten Punkt des Wassersammelraumes angebracht werden.

Die Brunneninnenteile müssen ferner in leichter und einfacher Weise behufs Revision des Brunnens durch das Gehäuse nach oben herausnehmbar sein.

Die Abbildungen 133 A—D geben als Beispiel eines hygienisch einwandfreien Ventilbrunnens die Einrichtung des von der Firma Bopp & Reuther konstruierten Systems wieder, das in Kasernen, Lazaretten usw. vielfach Verwendung findet und sich nach Hoffmann (36) durchaus bewährt hat.

Der Brunnen besteht aus der über Flur stehenden Säule (B) mit Auslauf (A) sowie Hebelarm (H) und aus dem in die Erde gesetzten Schachtrohr (R). Letzteres trägt in seinem untersten Teile (b) den Wassereintrittsstutzen, der durch ein Zuleitungsrohr mit der Wasserleitung verbunden wird, und den eigentlichen Apparat des Brunnens. Das Ganze wird von einem allseitig geschlossenen eisernen Mantel umgeben, der nur die Oeffnungen für den Wasserzutritt und -austritt freiläßt. Drückt man behufs Wasserentnahme den Brunnenhebel (H) abwärts, so wird das oben in der Brunnenhaube befindliche Belastungsgewicht und damit das an seinem untersten Ende das Ventil (l) tragende Zuggestänge (g) gehoben, wodurch das meist unter hohem Drück stehende Leitungswasser in das Steigrohr (t) schießt; läßt man

Abbildung 133. A bis D.



Ventilbrunnen von Bopp u. Reuther.

den Hebel los, so schließt der Druck des herabfallenden Belastungsgewichts durch das Ventil die Oeffnung des Leitungsrohres sofort ab, und das noch im Steigrohr befindliche Wasser kann bei dem unten abgesperrten Druck nicht mehr durch den oben befindlichen Ausfluß abfließen. Dieses zurückbleibende Wasser muß einerseits, um Beschädigungen am Brunnen zu vermeiden, frostfrei bleiben, andererseits darf und kann es wegen des lückenlosen Schachtrohrs nicht in den Erdboden selbst eindringen; aus diesem Grunde hat man schon vor längerer Zeit zur Verbesserung alter Konstruktionen an der tiefsten Stelle des Brunneninnenraums an dem Ejektor Oeffnungen angebracht, durch die das Rückfallwasser aus dem Steigrohr in den untersten Teil des Schachtrohrs übertreten kann (Abb. 133 D); da dieser Teil des Schachtrohrs ungefähr $1^1/_2$ m unter der Erdoberfläche liegt, so ist ein Einfrieren ausgeschlossen. Bei der nächstfolgenden Wasserentnahme wird dieses Rückfallwasser durch das unter Druck stehende Leitungswasser bis auf den letzten Rest angesaugt, da auch bei gehobenem Ventil die Ejektoröffnungen den tiefsten Punkt des Brunneninnenraums, d. h. des Schachtrohrs bilden; es kann also nie zu einer stagnierenden Wassermenge innerhalb des Brunnens kommen.

Besondere Schutzvorrichtungen sind an dem Auslauf (Abb. 133 B) angebracht. Dieser besitzt außer seiner eigentlichen Hauptmündung noch mehrere Nebenmündungen, die man weder von außen sehen, noch zuhalten oder zustopfen kann, da sie durch eine ringförmig übergreifende Hülse des Auslaufrohres verdeckt sind. Wird die Hauptmündung des Auslaufs verschlossen, so nimmt das Wasser durch die oberhalb gelegenen Nebenmündungen seinen Weg: der Querschnitt sämtlicher Nebenmündungen ist dem der Hauptmündung gleich, so daß dieselbe Wassermenge abfließen kann und es zu keiner Stauung innerhalb des Brunnens kommt. — Hält man ein gefülltes Gefäß unter die Auslaufmündung — die Eßgeschirre werden auf dem Kasernenhof nicht gar selten unmittelbar am Brunnen gereinigt und ausgespült —, so kann aus diesem nach Loslassen des Hebels durch das zurückfließende Steigrohrwasser nichts angesaugt werden, da die Saugwirkung an der Hauptmündung aufhört; es wird nämlich durch die höher gelegenen Nebenöffnungen unmittelbar soviel Luft nachgesaugt, daß das Vakuum sofort zerstört ist. Durch eine zwischen Auslauf, Auslaufrohr und Brunnengehäuse vertikal bis in die Höhe der Hauptmündung verlaufende Platte ist dafür Sorge getragen, daß man mit dem Flüssigkeitsspiegel des gefüllten Behälters in keiner Weise an die Nebenmündungen gelangen kann.

Auch die Hebelvorrichtung ist bei ihrem Durchtritt durch die Säule so gut abgedichtet, daß Verunreinigungen des Brunneninnern von hier aus nicht möglich sind. (Abb. 133 C.)

Die oben skizzierten Anforderungen werden demgemäß durch den hier beschriebenen Brunnen in weitgehendem Maße erfüllt.

7. Kapitel.

Betrieb und Ueberwachung der Wasserversorgungsanlagen.

Der Betrieb der Wasserversorgungsanlagen ist so zu regeln, daß durch ihn ein einwandfreies Wasser in den erforderlichen Mengen den Konsumenten zugeführt wird.

Allen größeren Betrieben, namentlich solchen, die ein nicht vollkommen sicheres oder in seiner Beschaffenheit schwankendes Wasser verabfolgen (Filter- und Sterilisationsanlagen usw.), muß jederzeit ein hygienischer Berater zur Seite stehen, der die Betriebsleiter über die Bedeutung und etwaige gesundheitliche Folgen von Störungen oder von Aenderungen im Betrieb aufzuklären und gegebenenfalls be-

sondere Maßnahmen vorzuschlagen hat. Ihm sind wesentliche Störungen alsbald, wesentliche Betriebsänderungen vor der Ausführung anzuzeigen.

Das beim Betriebe der Anlage mit dem Wasser in Berührung kommende Personal soll an Zahl möglichst gering sein. Es ist zur Reinlichkeit anzuhalten und fortdauernd ärztlich zu überwachen. Personen, die an ekelerregenden Krankheiten leiden, müssen vom technischen Betriebe sofort und so lange ferngehalten werden, als nach ärztlichem Ermessen noch eine Gefahr besteht. Bezüglich derjenigen Krankheiten, die erfahrungsgemäß durch das Wasser verbreitet werden können, gilt dies auch für solche Personen, die der Krankheit nur verdächtig oder Infektionsträger oder auch nur einer Infektion in erhöhtem Maße ausgesetzt sind. Die Wasserwerkarbeiter sind zu verpflichten, daß sie jeden Erkrankungsfall auch in ihrer näheren Umgebung (Familie, Haus) sofort zur Anzeige bringen, damit die notwendigen Maßregeln ergriffen werden können.

Bei Beschäftigung in den Filtern ist den Arbeitern besonderes Schuhzeug für alle Arbeiten, durch die sie während des Betriebes mit dem Wasser in Berührung kommen, und außerdem eine wasserdichte Kleidung vorrätig zu halten. Zu den Betriebsarbeiten dürfen nur saubere Werkzeuge benutzt werden, die in besonderen Behältnissen aufzubewahren sind.

Sind im Innern von Anlagen zur Gewinnung, Sammlung und Zuleitung von Wasser Arbeiten ausgeführt worden, so ist vor erneuter Benutzung eine kräftige Spülung erforderlich.

Wenn in Fällen höherer Gewalt die Lieferung gesundheitlich nicht einwandfreien Wassers unvermeidbar ist, muß dies sofort öffentlich bekannt gemacht werden, damit durch Abkochen des Wassers oder sonstige Maßnahmen die Konsumenten sich vor jeglicher Gefahr schützen können.

Eine fortlaufende Aufsicht über die öffentlichen Wasserversorgungsanlagen ist deshalb nötig, weil nur durch sie Schäden, die sich im Laufe der Zeit einstellen können, rechtzeitig erkannt werden. Als „öffentlich“ sind auch die Anlagen anzusehen, die einem größeren Bevölkerungskreise geöffnet oder zugewiesen sind, z. B. in Krankenhäusern, Schulen, Kasernen, Gefängnissen, größeren Hôtels und Fabriken usw. Die Ueberwachung hat sich zu erstrecken auf die Umgebung der Anlage, die Anlage selbst einschließlich Wassergewinnung, Fassung, Zuleitung, Verteilung, Entnahme und auf den Betrieb. Auch hier geben die amtliche „Anleitung“ und „Anweisung“ die zu beachtenden Gesichtspunkte.

Die Art und der Umfang der Prüfung richtet sich nach der Art des Wassers, der mehr oder minder großen Sicherheit, die die Anlage bietet und nach deren wirtschaftlichen Bedeutung. Bei einem an sich einwandfreien Wasser erstreckt sie sich auf die Feststellung, ob der die tadellose Beschaffenheit des Wassers begründende Zustand noch besteht und ob Schädigungen des Wassers in Fassung, Sammlung und Betrieb zu bemerken oder zu befürchten sind; bei einem nicht von vornherein einwandfreien Wasser soll ermittelt werden, ob das Wasser zu einem infektionssicheren und sonst möglichst guten umgewandelt und als solches erhalten wird. Auch die Ergiebigkeit der Anlage ist Gegenstand der fortlaufenden Prüfung. Finden sich in der Umgebung der Anlage, an dieser selbst oder im Betriebe Fehler, so sind deren Ursachen genau festzustellen und Mittel zu ihrer Beseitigung anzugeben.

Wie oft die Prüfungen von Umgebung, Anlage und Betrieb stattzufinden haben, hängt von den gegebenen Verhältnissen ab. Kleinere Werke, bei denen die Anlage einfach und die Betriebsverhältnisse leicht zu übersehen sind, und deren Wasser als dauernd einwandfrei bekannt ist, erfordern eine nicht so häufige Wiederholung der Prüfung als größere und alle diejenigen kleineren Anlagen, die nicht ganz sicher sind, oder bei denen die Menge und Beschaffenheit des gelieferten Wassers einem stärkeren Wechsel unterliegt. Stets ist zu beachten, daß auch bei einfachen Verhältnissen sich Ungehörigkeiten einzuschleichen vermögen, die rechtzeitig beseitigt werden müssen.

Da es sich bei den Prüfungen darum handelt, die schwachen Seiten der Anlagen kennen zu lernen, so werden sie in Zeiten zu legen sein, die für diese die ungünstigsten sind. Das sind für eine Reihe von Anlagen (Stauweiher, Flußwasserversorgungen aus kleinen Flüssen betreffs der Menge und Beschaffenheit, Grund- und Quellwasserversorgungen meistens nur betreffs der Menge) die trockenen Perioden; für andere kommen die wasserreichen Zeiten mehr in Betracht (Hochwasserperioden für Flußwasserversorgungen, starke Regen, Schneeschmelze für Quellen und dergleichen; meistens ist die gute Beschaffenheit des Wassers in Frage gestellt). Ferner können längere Zeit anhaltender Frost, Zeit der Düngung und Bestellung der Aecker und manches andere in Betracht kommen.

Die Revision soll in regelmäßigen Zwischenräumen, die von der Aufsichtsbehörde festzusetzen sind, mindestens aber alle 3 Jahre stattfinden. Wenn besondere Vorkommnisse dies erforderlich erscheinen lassen, namentlich zu Zeiten bestehender oder drohender Epidemien, sind außerordentliche Prüfungen vorzunehmen.

Die Prüfung hat in jedem Falle durch einen hygienischen Sachverständigen zu erfolgen, der für sich allein überall dort ein maßgebendes Urteil zu fällen in der Lage sein wird, wo die örtlichen Verhältnisse klar liegen, die Anlage der Wasserversorgung in ihren Einzelheiten leicht zu übersehen und der Betrieb ein einfacher ist. Trifft der Hygieniker auf irgend etwas ihm in technischer Hinsicht Verdächtiges, so ist ein im Wasserversorgungsfache durchgebildeter technischer Sachverständiger heranzuziehen. Letzterer hat sich stets an den Prüfungen zu beteiligen in Fällen, in denen die Anlagen kompliziert, der Betrieb eigenartig und nicht leicht zu übersehen ist. Seine Meinung in technischen Dingen wird von dem Hygieniker zu hören sein.

Unter Umständen, besonders bei der Einrichtung neuer Anlagen, bei Vergrößerungen derselben oder bei Betriebsstörungen, die nicht ganz offenkundig sind, wird sich die Zuziehung weiterer Sachverständiger empfehlen. Ueber die Oertlichkeit, soweit der unterirdische Lauf des Wassers in Betracht kommt, über die Filtrationsfähigkeit des Bodens, die Zerklüftung des Gesteins, die Anordnung, das Steigen und Fallen des Gebirges, die Lage und Größe des an der Wasserlieferung beteiligten Gebietes wird oft nur ein Geologe die nötige Auskunft geben können. Auch das Urteil eines Chemikers wird vielfach von großem Nutzen, in manchen Fällen geradezu unentbehrlich sein.

Im Ueberwachungspersonal soll kein zu häufiger Wechsel eintreten, weil naturgemäß der mit der Anlage Vertraute ein sichereres Urteil über die Bedeutung etwaiger Unregelmäßigkeiten fällen kann, als der, der die Anlage eben erst kennen lernt. Genaue Zeichnungen der Anlage, die auch über die Bodenschichten usw. Auskunft geben, und Aufzeichnungen über die bisherigen Untersuchungen (Verbrauchslisten, Listen der geförderten Wassermengen, Ergebnisse der chemischen und bakteriologischen Untersuchungen, Trübungsbestimmungen im Roh- und Reinwasser usw.) sind dem Prüfenden zugängig zu machen.

Ueber die Betriebskontrolle der Filteranlagen enthalten die auf Grund eingehender Beratungen im Kaiserlichen Gesundheitsamt ausgearbeiteten Grundsätze für die Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration (37) die nachstehenden Bestimmungen:

1. Bei der Beurteilung eines filtrierten Oberflächenwassers sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

a) Die Wirkung der Filter ist als eine befriedigende anzusehen, wenn der Keimgehalt des Filtrats jene Grenze nicht überschreitet, die erfahrungsgemäß durch eine gute Sandfiltration für das betreffende Wasserwerk erreichbar ist. Ein befriedigendes Filtrat soll beim Verlassen des Filters in der Regel nicht mehr als ungefähr 100 Keime im Kubikzentimeter enthalten.

b) Das Filtrat soll möglichst klar sein und darf in Bezug auf Farbe, Geschmack, Temperatur und chemisches Verhalten nicht schlechter sein, als vor der Filtration.

2. Um ein Wasserwerk in bakteriologischer Beziehung fortlaufend zu kontrollieren, empfiehlt es sich, wo die zur Verfügung stehenden Kräfte es irgend gestatten, das Filtrat jedes einzelnen Filters täglich zu untersuchen. Von besonderer Wichtigkeit ist eine solche tägliche Untersuchung:

a) nach dem Bau eines neuen Filters, bis die ordnungsmäßige Arbeit desselben feststeht,

b) bei jedesmaligem Anlassen des Filters nach Reinigung usw. desselben, und zwar wenigstens 2 Tage oder länger bis zu dem Zeitpunkte, an welchem das Filtrat eine befriedigende Beschaffenheit hat,

c) nachdem der Filterdruck über $^2/_3$ der für das betreffende Filterwerk geltenden Maximalhöhe gestiegen ist,

d) wenn der Filterdruck plötzlich abnimmt,

e) unter allen ungewöhnlichen Verhältnissen, namentlich bei Hochwasser.

3. Um bakteriologische Untersuchungen im Sinne der Ziffer 1 veranstalten zu können, muß das Filtrat eines jeden Filters so zugänglich sein, daß zu beliebiger Zeit Proben entnommen werden können.

4. Um eine einheitliche Ausführung der bakteriologischen Untersuchungen wird ein einheitliches Verfahren[1]) zur allgemeinen Anwendung empfohlen.

5. Die mit der Ausführung der bakteriologischen Untersuchung betrauten Personen müssen den Nachweis erbracht haben, daß sie die hierfür erforderliche Befähigung besitzen. Sie sollen, wenn irgend tunlich, der Betriebsleitung selbst angehören.

6. Entspricht das von einem Filter gelieferte Wasser den hygienischen Anforderungen nicht, so ist es vom Gebrauche auszu-

1) Die empfohlene Untersuchungsmethodik sowie die Herstellung der für bakteriologische Wasseruntersuchungen zu verwendenden Nährgelatine wird in einer besonderen Anlage zu diesen „Grundsätzen“ geschildert.

schließen, sofern die Ursache des mangelhaften Verhaltens nicht schon bei Beendigung der bakteriologischen Untersuchung behoben ist. Liefert ein Filter nicht nur vorübergehend ein ungenügendes Filtrat, so ist es außer Betrieb zu setzen und der Schaden aufzusuchen und zu beseitigen.

7. Um ein minderwertiges, den Anforderungen nicht entsprechendes Wasser beseitigen zu können, muß jedes einzelne Filter eine Einrichtung besitzen, die es erlaubt, dasselbe für sich von der Reinwasserleitung abzusperren und das Filtrat abzulassen. Dieses Ablassen hat, soweit die Durchführung des Betriebes es irgend gestattet, in der Regel zu geschehen:

a) unmittelbar nach vollzogener Reinigung des Filters und

b) nach Ergänzung der Sandschicht.

Ob im einzelnen Falle nach Vornahme dieser Reinigung bz. Ergänzung ein Ablassen des Filtrats nötig ist, und binnen welcher Zeit das Filtrat die erforderliche Reinheit wahrscheinlich erlangt hat, muß der leitende Techniker nach seinen aus den bakteriologischen Untersuchungen gewonnenen Erfahrungen ermessen.

8. Eine zweckmäßige Sandfiltration bedingt, daß die Filterfläche reichlich bemessen und mit genügender Reserve ausgestattet ist, um eine den örtlichen Verhältnissen und dem zu filtrierenden Wasser angepaßte, mäßige Filtrationsgeschwindigkeit zu sichern.

9. Jedes einzelne Filter soll für sich regulierbar und in Bezug auf Durchfluß, Ueberdruck und Beschaffenheit des Filtrats kontrollierbar sein; auch soll es für sich vollständig entleert, sowie nach jeder Reinigung von unten mit filtriertem Wasser bis zur Sandoberfläche angefüllt werden können.

10. Die Filtrationsgeschwindigkeit soll in jedem einzelnen Filter unter den für die Filtration jeweils günstigsten Bedingungen eingestellt werden können und eine möglichst gleichmäßige und vor plötzlichen Schwankungen oder Unterbrechungen gesicherte sein. Zu diesem Behufe sollen namentlich die normalen Schwankungen, welche der nach den verschiedenen Tageszeiten wechselnde Verbrauch verursacht, durch Reservoire möglichst ausgeglichen werden.

11. Die Filter sollen so angelegt sein, daß ihre Wirkung durch den veränderlichen Wasserstand im Reinwasser-Behälter oder -Schacht nicht beeinflußt wird.

12. Der Filtrationsüberdruck darf nie so groß werden, daß Durchbrüche der obersten Filtrierschicht eintreten können. Die Grenze, bis zu welcher der Ueberdruck ohne Beeinträchtigung des Filtrats gesteigert

werden darf, ist für jedes Werk durch bakteriologische Untersuchungen zu ermitteln.

13. Die Filter sollen derart konstruiert sein, daß jeder Teil der Fläche eines jeden Filters möglichst gleichmäßig wirkt.

14. Wände und Böden der Filter sollen wasserdicht hergestellt sein, und namentlich soll die Gefahr einer mittelbaren Verbindung oder Undichtigkeit, durch welche das unfiltrierte Wasser auf dem Filter in die Reinwasserkanäle gelangen könnte, ausgeschlossen sein. Zu diesem Zwecke ist insbesondere auf eine wasserdichte Herstellung und Erhaltung der Luftschächte der Reinwasserkanäle zu achten.

15. Die Stärke der Sandschicht soll mindestens so beträchtlich sein, daß sie durch die Reinigungen niemals auf weniger als 30 cm verringert wird, jedoch empfiehlt es sich, diese niedrigste Grenzzahl, wo der Betrieb es irgend gestattet, auf 40 cm zu erhöhen.

Eine besonders gewissenhafte Ueberwachung ist auch für Ozonanlagen erforderlich. Diese sind vor Inbetriebnahme von einem Hygieniker und einem mit dem elektrischen Betriebe durchaus vertrauten technischen Beamten eingehend zu prüfen und einem sachverständigen Leiter zu unterstellen. Die auch von geschulten Maschinisten jederzeit leicht auszuführende Ozonreaktion mittels Jodjodkalium zeigt an, ob in dem abfließenden Wasser noch freies Ozon vorhanden ist und bildet bei positivem Ausfall einen zuverlässigen Indikator für das richtige Funktionieren der Anlage. Von Zeit zu Zeit wird der Keimgehalt des ozonisierten Wassers durch bakteriologische Untersuchungen festzustellen sein.

8. Kapitel.

Besondere Verhältnisse der Wasserversorgung der Truppen.

Für die Wasserversorgung der Truppen sind naturgemäß dieselben Anforderungen maßgebend, die in den bisherigen Ausführungen als allgemeingültig hingestellt worden sind. Bezüglich ihrer wirtschaftlichen Bedeutung sind die Versorgungsanlagen denjenigen größerer Gemeinden zu vergleichen. Es ist zu bedenken, daß der Soldat infolge der dienstlichen Anstrengungen wohl ausnahmslos oft und viel Wasser trinkt, mehr jedenfalls als der Durchschnitt der Zivilbevölkerung, und daß sich etwaige Gesundheitsschädigungen durch den Genuß des Wassers infolgedessen jedesmal bei einem großen Teil der Truppe bemerkbar machen müssen.

1. Wasserversorgung in der Garnison.

In welcher Weise Kasernen und sonstige zu dauernder Unterkunft für Heeresangehörige eingerichtete Gebäude mit Wasser zu versorgen sind, darüber gibt die „Garnison-Gebäudeordnung“ allgemeine Anhaltspunkte.

Den Truppen soll ein für Trink- und Gebrauchszwecke brauchbares Wasser in ausreichender Menge zur Verfügung gestellt werden. Ueber die Frage der Brauchbarkeit entscheidet das Sanitätsamt auf Grund der in den hygienisch-chemischen Untersuchungsstellen ausgeführten Untersuchungen. Als Trink- und Hausgebrauchswasser darf nur solches Wasser als geeignet angesehen werden, das in jeder Beziehung gesundheitlich einwandfrei befunden wird.

Wünschenswert erscheint es, daß Kasernen usw. an das Rohrnetz einer guten zentralen Wasserleitung angeschlossen werden, wenn eine solche in der Garnison vorhanden ist. Ist dies, z. B. wegen der Lage der Kaserne oder weil zu hohe Kosten entstehen würden, nicht möglich, dann kommt die Herstellung von Brunnen oder die Anlage einer eigenen Wasserleitung in Frage. Bei der Auswahl der Art der Versorgung (Grundwasser, Quellwasser usw.) und der Einrichtung der Anlage ist ebenfalls das Sanitätsamt zu beteiligen.

Wird eine eigene Wasserleitung vorgesehen, dann sind Hochbehälter anzulegen, die die halbe Tagesmenge aufzunehmen vermögen. Der Wasserbedarf ist im Einzelfalle nach dem Bedürfnis festzustellen. Bei den baulichen Einrichtungen sind alle Mittel der Technik anzuwenden, um das Wasser vor Verunreinigungen zu schützen; auch gegen Frost und Beschädigungen ist schon bei der Anlage durch bauliche Maßnahmen Vorsorge zu treffen.

Kann ein durchaus einwandfreies Wasser in einer für den Gesamtbedarf ausreichenden Menge nicht zur Verfügung gestellt werden, oder ist bei Anschluß an eine allgemeine Leitung der Preis des Wassers ein unverhältnismäßig hoher, so kann lediglich für Betriebszwecke, d. h. zum Waschen von Pferden und Fahrzeugen, Besprengen von Plätzen und Anpflanzungen, für Waschanstalten usw., auch der Gebrauch von Wasser zugelassen werden, das bezüglich der physikalischen Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung den an Trink- und Hausgebrauchszwecken zu stellenden Anforderungen nicht genügt. Der allgemeinen Benutzung muß solches Wasser durch technische Mittel entzogen werden. Verseuchtes oder der Verseuchungsgefahr ausgesetztes Wasser darf auch als Betrieswasser nicht verwendet werden.

Ueber den Umfang der Wasserverteilung in Kasernen usw. siehe Abschnitt „Militärische Unterkünfte“ (Bd. III). In derselben Weise, wie in den Kasernen, ist die Wasserversorgung auf Truppenübungsplätzen, Schießständen, Schwimmanstalten, in Wachtgebäuden usw. zu behandeln.

In Befestigungsanlagen werden zur Sicherstellung genügender Mengen einwandfreien Trinkwassers entweder innerhalb der Bauwerke Brunnen angelegt oder aber, falls dies nicht möglich ist, Wasserbehälter vorgesehen. Sind größere Wasservorräte bereit zu halten, so werden letztere als Wasserkeller ausgeführt, und zwar entweder in Betonmauerwerk — wenn Rissebildung durch Erschütterungen ausgeschlossen ist — oder in Eisen- oder Monierbauart. Alle Wasserbehälter müssen gegen das Eindringen von Verunreinigungen sicher geschützt sein; unter bewohnten Räumen sollen sie tunlichst nicht angelegt werden. Die in Eisen oder Monierbauart aufgeführten Behälter erhalten einen Rostschutzanstrich, der jedoch das Wasser nicht verschlechtern darf (Siderosthen-Lubrose oder dergl.). Aus den Vorratsbehältern wird das Wasser durch Pumpen entnommen, und zwar bei größeren Anlagen meist zunächst nach einem Verteilungs- oder Hochdruckbehälter hin, und aus diesem durch Auslaufhähne oder mittels besonderer Wasserleitungen. Erfordert die Füllung der Vorratsbehälter mehr Zeit als bei der Armierung des Werkes voraussichtlich zur Verfügung steht, so ist sie schon im Frieden ganz oder teilweise zu bewirken. Es ist dann eine regelmäßige Auffrischung und mindestens 1 oder 2 mal jährlich ein völliges Ablassen und eine gründliche Reinigung der einzelnen Behälter erforderlich.

Die Ueberwachung der Versorgungsanlagen, aus denen die Truppen ihr Wasser beziehen, ist Sache der Truppenärzte.

Für den Betrieb von militärfiskalischen Sammel-Wasserversorgungsanlagen (Wasserwerken) und sonstigen maschinell betriebenen Anlagen ist Vorsorge zu treffen, daß der Betriebsleitung ein mit der Einrichtung und dem Betrieb der Anlage vertrauter Sanitätsoffizier, und zwar möglichst lange dieselbe Persönlichkeit, stets zur Seite steht. Durch diesen Sanitätsoffizier werden auch die regelmäßigen gesundheitlichen Durchprüfungen der ganzen Anlage (vergl. S. 295) auszuführen sein, und zwar unbeschadet der laufenden Ueberwachung der einzelnen Wasserentnahmestellen durch die Truppen- usw. Aerzte und unbeschadet der unter außergewöhnlichen Verhältnissen nötig werdenden Prüfung durch besondere hygienisch sachverständige Sanitätsoffiziere. Für Sammelversorgungs- und maschinell betriebene Anlagen sind eingehende Betriebsvorschriften zu geben, die auch Bestimmungen

für die Ueberwachung und das gesundheitliche Verhalten des Betriebspersonals enthalten müssen.

Von Zeit zu Zeit sind je nach den örtlichen Verhältnissen sämtliche zum Gebrauch der Truppen bestimmten Wasserentnahmestellen durch einen auf dem Gebiete der Wasserversorgung besonders erfahrenen, tunlichst hygienisch besonders vorgebildeten Sanitätsoffizier, wenn angängig durch einen solchen des Standortes, einer Prüfung zu unterziehen. In welchen Garnisonen und in wie großen Zwischenräumen diese Prüfungen auszuführen sein werden, bleibt auf Grund der besonderen Erfahrungen dem Ermessen des Sanitätsamtes überlassen (Vfg. vom 30. 12. 1907 Nr. 2409/7. 07 MA).

Die Truppenärzte überwachen regelmäßig die Beschaffenheit des in den Kasernen usw. von den Mannschaften benutzten Trinkwassers. Bei diesen Prüfungen ist (nach Vfg. vom 11. 3. 1890 Nr. 72/2. 90 MA) die Besichtigung der Brunnen und ihrer Umgebung, der etwaigen Sammelbecken und der Rohrleitungen sowie eine Untersuchung der physikalischen Beschaffenheit des Wassers vorzunehmen. Führt die Prüfung zu Ergebnissen, die eine chemische oder bakteriologische Untersuchung des Wassers angezeigt erscheinen lassen, so ist diese ungesäumt in die Wege zu leiten. Wasserentnahmestellen, die ein nicht als einwandfrei zu bezeichnendes Wasser liefern, sind sofort so zu sperren, daß sie völlig unbenutzbar sind. Die Anbringung von Warnungstafeln „kein Trinkwasser“ genügt nicht. Der Truppe ist zu Trinkzwecken inzwischen ein anderes, aus einwandfreien Brunnen, Quellen usw. stammendes Wasser zur Verfügung zu stellen. Ist die Beschaffung eines solchen nicht möglich, so darf den Mannschaften nur gekochtes Wasser verabreicht werden, bis die nach den jeweiligen Verhältnissen gebotenen und mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln zu beschleunigenden Maßnahmen zur Beschaffung eines brauchbaren Wassers oder zur Instandsetzung der bisherigen Versorgungsanlage beendet sind. Wo der Gebrauch eines als Trinkwasser beanstandeten Wassers aus Wassermangel oder sonstigen besonderen Gründen als Betriebswasser (s. S. 300) zu wirtschaftlichen Zwecken gestattet bleiben muß, ist Vorsorge zu treffen, daß die Absperrvorrichtungen nur unter Aufsicht einer zuverlässigen und über die Bedeutung der Maßregel unterrichteten Persönlichkeit zeitweise geöffnet werden und daß eine Verwendung dieses Wassers zu Trink- und Hausgebrauchszwecken nicht möglich ist.

Die Ergebnisse der Besichtigung der Wasserversorgungsanlagen und der Wasseruntersuchung sind in die Wasserprüfungsliste einzutragen, die für die Entnahmestellen jedes Bataillons (Abteilung,

Eskadron usw.) aufgestellt und weitergeführt wird und nach jeder Neueintragung dem Truppenkommando vorzulegen ist.

Das Muster der Wasserprüfungsliste (Vfg. vom 30. 12. 1907 Nr. 2409/7. 07 MA) enthält auf der ersten Seite Spalten, die Auskunft geben sollen über die

I. Wasserentnahmestelle (kurze Bezeichnung der Art und Lage),

II. Herkunft des Wassers (Grund-, Quell-, Oberflächen- und Talsperrenwasser), Bodenbeschaffenheit, Tiefenlage, Mächtigkeit und Ueberlagerung der wasserführenden Schicht, Schutzbezirk, Nähe von Gewässern, gedüngten Aeckern, bewohnten Grundstücken usw.)

III. Gewinnung des Wassers:

A. bei Sammelversorgungsanlagen (Wasserleitungen):

1. Wasserwerk: (städtischer, militärfiskalischer, privater Besitz, unter wessen gesundheitlicher Aufsicht; Lage des Wasserwerkes, Art und Tiefe der Brunnen; Strömung und Beschaffenheit des benutzten Oberflächenwassers, Lage der Schöpfstelle; Wasserreinigungs-, Enteisenungsanlage; Lage, Druckhöhe des Sammelbeckens; Brunnenstuben usw.)
2. Wasserentnahmestellen: (Laufbrunnen, Ventilbrunnen, Zapfhähne, Anschlußschächte, Sicherung gegen Frost und das Eindringen von Außenwasser und Verunreinigungen. Firma und Muster der Entnahmeeinrichtungen usw.)

B. bei Einzelversorgungsanlagen: (Röhrenbrunnen, Kesselbrunnen usw., Beschaffenheit und Tiefe des Brunnenrohres, des Brunnenkessels, Beschreibung der Pumpanlage, der Brunnendeckung, der Rohranschlüsse. Sicherung gegen Frost und Eindringen von Verunreinigungen. Nähe von Waschstellen und dergl., Wasserabführung. — Vgl. unter II —).

Auf S. 2—3 des Musters erfolgen die Eintragungen der

IV. Wasserprüfungsbefunde:

1. Tag der Prüfung;
2. Sind seit der letzten Prüfung Klagen über das Trinkwasser oder seine Gewinnungsanlage erhoben?;
3. Oertliche Prüfung der Wasserentnahmestelle und der Wassergewinnungsanlage einschließlich Herkunft des Wassers (Veränderungen gegen S. 1 des Musters, z. B. Vermehrung von Zapfhähnen, Anbau in der Umgebung der Anlage usw.);
4. Entnahme der Wasserproben: a) wann? b) von wem? c) wie versandt (sterile Gefäße, Eiskühlung usw.) zu Untersuchungen nach Spalte 6?;
5. Physikalische Untersuchung (einschl. Reaktion):
   Farbe, Trübung, Niederschlag:
   a) unmittelbar nach dem Schöpfen,
   b) nach längerem Stehen,
   Geruch beim Erwärmen auf 50°,
   Geschmack beim Erwärmen auf 20°,
   Wärmegrade a) des Wassers beim Schöpfen, b) der Luft;
   Reaktion;
6. Mikroskopisch-bakteriologische Untersuchung (Niederschlag, Plankton, Bakterien u. a. m. vgl. K. S. O. Anl. I B.);
7. Chemische Untersuchung:
   Abdampfrückstand bei 110°, Glühverlust, Gesamthärte (deutsche Grade), Bleibende Härte (deutsche Grade), Kalk, Magnesia, Ammoniak, Chlor, Schwefelsäure, Salpetersäure, Salpetrige Säure, Kaliumpermanganatverbrauch, Eisen, Blei bei Leitungswasser, Phosphorsäure, Schwefelwasserstoff, Sonstiges (z. B. Mangan);
8. Urteil über die Brauchbarkeit des Trinkwassers;
9. Die Untersuchung wurde ausgeführt von wem? (getrennt nach: zu 3 u. 5: — ; zu 6: — ; zu 7: — ; zu 8: —);
10. Vermerk der Kommando- usw. Behörde und des Korpsarztes.

Bei Sammelversorgungsanlagen können in gleicher Weise eingerichtete Wasserentnahmestellen, die zu dem gleichen Gebäude ge-

hören und gleichen Zweigleitungen entstammen, unbeschadet ihrer gesondert vorzunehmenden laufenden Ueberwachung in ein und derselben Wasserprüfungsliste zusammengefaßt werden.

Von den Truppenärzten sind bei den laufenden Besichtigungen und Prüfungen in der Regel nur die Spalte 1—5, 8 und 9 auszufüllen. Zu Spalte 7 sind für gewöhnlich nur die in Anlage I A der K.S.O. vorgeschriebenen Untersuchungen auszuführen (vgl. S. 208).

2. Wasserversorgung bei Truppenübungen und im Felde.

Sobald die Truppe die Garnison verläßt, ist sie zur Deckung ihres Wasserbedarfs auf die sich gerade bietenden Bezugsquellen angewiesen. Daß deren Wasser sehr häufig den an Trinkwasser zu stellenden Anforderungen keineswegs entspricht, ist allgemein bekannt, und ebenso ist die alljährlich bestätigte Erfahrungstatsache nicht zu bestreiten, daß die Zugänge an Krankheiten, die durch das Wasser übertragbar sind — besonders Typhus —, sich gerade in den Monaten häufen, in denen größere Truppenübungen stattfinden. Es besteht wohl kein Zweifel darüber, daß neben der Kontaktinfektion der Genuß schlechten Wassers außerhalb der Garnison hierfür verantwortlich zu machen ist.

Die die Truppe begleitenden Aerzte haben daher die Pflicht, in weitgehendem Maße auch auf dem Marsche, in den Quartieren und in den Biwaks der Trinkwasserversorgung ihre Aufmerksamkeit zu widmen. Ziffer 393—412 der K. S. O. geben hier die nötigen Anhaltspunkte. Die Besichtigung der Anlagen — meist wird es sich um Brunnen handeln — und deren Umgebung, sowie eine grobsinnliche Prüfung des Wassers wird meist genügen müssen. Sie wird am besten von Sanitätsoffizieren ausgeführt, die jede sich bietende Gelegenheit benutzen sollten, sich in dieser für die Heeresgesundheitspflege so wichtigen Beurteilung zu üben, kann aber im Notfall auch von Offizieren und intelligenten Unteroffizieren vorgenommen werden, die der marschierenden Truppe vorausgesandt werden. Bei rechtzeitiger Anordnung läßt sich auf diese Weise ohne Weiteres eine Ausschaltung der als schlecht und eine vorzugsweise Benutzung der als einwandfrei befundenen Wasser-Entnahmestellen in den Ortschaften erreichen, die die Truppe passiert. Bei ersteren wird zweckmäßig ein Posten aufgestellt, der entsprechend zu instruieren ist und auch zu verhindern hat, daß Wasser aus jenen Brunnen pp. in Eimern den durchziehenden Truppen hingestellt wird. Ebenso ist in den Ortschaften zu verfahren, aus denen in der Umgebung biwakierende Truppen ihr Wasser holen.

In Gegenden, wo die größeren Herbstübungen stattfinden, wird

man sich mit solchen Maßnahmen nicht begnügen. Hier werden schon einige Zeit vor Beginn der Manöver alle Wasserversorgungsanlagen einer eingehenden fachmännischen Prüfung unterworfen und für schleunige Abstellung etwaiger Mängel Sorge getragen. Schlechte Brunnen werden gesperrt, ebenso die Entnahmestellen bei Häusern, in denen Typhus- oder Ruhrfälle in letzter Zeit vorgekommen sind. Auf gute Brunnen wird durch Wegweiser usw. hingewiesen. Diese Prüfung der Wasserentnahmestellen soll vor den Herbstübungen alljährlich namentlich in solchen Gegenden stattfinden, in denen die Wasserversorgung zu wünschen übrigläßt oder die endemisch von Typhus und Ruhr durchseucht sind. Sie werden vom zuständigen Kreisarzt ausgeführt, der sich gleichzeitig über den Stand der übertragbaren Krankheiten orientieren soll; unter Umständen werden auch Sanitätsoffiziere hinzugezogen.

Besondere Schwierigkeit bietet naturgemäß die Bereitstellung genügender Mengen eines einwandfreien Wassers im Felde. Je länger und je häufiger die Wogen des Krieges über eine Gegend dahingebraust sind, desto verwahrloster sind die Brunnen.

Auch hier werden möglichst frühzeitig die Trinkwasserverhältnisse namentlich der Ortschaften, die an den großen Heerstraßen liegen, eingehend zu erkunden sein. Der ins Aufmarschgebiet vorauszusendende Hygieniker (K. S. O. Ziffer 510) findet hier ein weites Feld seiner Tätigkeit. Ebenso ist für den dem Korpsarzt zugeteilten Hygieniker (K.S.O. Ziffer 515) die Begutachtung der Wasserversorgung eine seiner Hauptaufgaben. Schlechte Wasserentnahmestellen werden gesperrt oder mit gut lesbaren und dauerhaften Warnungstafeln versehen, die besten werden durch Wegweiser kenntlich gemacht, die an Straßenkreuzungen oder am Ortseingange, für die durchziehenden Truppen leicht sichtbar, anzubringen sind.

Mit der Auswahl ist es aber in Etappenorten und an sonstigen für die Truppen wichtigen Stellen nicht getan. Es gilt auch, die als gut befundenen Brunnen, Quellen usw. vor Schädigungen zu bewahren, die bei der außergewöhnlich starken Inanspruchnahme, die sie zu erwarten haben, sehr leicht eintreten. Die hygienischen Sachverständigen werden auch hierauf besonders zu achten und die notwendigen Maßnahmen, die oft sehr einfach auszuführen sind, vorzuschlagen haben.

Stehen Brunnen und Quellen, die ein einwandfreies Wasser liefern, nicht zur Verfügung, so muß darauf Bedacht genommen werden, Grundwasser zu erschließen. Zisternen, die, namentlich in der Nähe von Flüssen auf einfache Weise hergestellt werden können und zunächst auch wohl ein brauchbares Wasser liefern, lassen sich auf die

Dauer, wie Bischoff (38) betont, gegen Infektion nicht schützen. Es ist bei derartigen primitiven Anlagen zu leicht möglich, daß durch die Gefäße und die Hände der Schöpfenden oder durch den Staub der Straße Krankheitserreger dem Wasser zugeführt werden. Die Gefahren, die von derartigen Wasserstellen ausgehen, wenn sie durch Typhuskranke, Rekonvaleszenten oder gesunde Keimträger infiziert werden, sind aus dem südwestafrikanischrn Feldzug (1904—1907) genügend bekannt.

Wesentlich bessere Ergebnisse sind von der Anlage von Abessinierbrunnen (S. 260) zu erwarten, mit denen auch die Bäckereikolonnen ausgestattet sind. Bei geeigneter Bodenformation können nach den Erfahrungen, die Schmiedicke (39) während eines Divisionsmanövers gesammelt hat, durch einige Röhrenbrunnen so große Mengen eines einwandfreien Grundwassers gefördert werden, daß eine Division (einschließlich der Pferde) hinreichend durch sie versorgt wird. Es wird sich daher nach Bischoff empfehlen, größere Mengen des für derartige Anlagen nötigen Materials im Etappengebiete vorrätig zu halten und nicht nur die Feldpionierkompagnien, sondern auch Formationen, die eine gewisse Stabilität zeigen, wie Feldlazarette und vor allem Kriegslazarette, damit auszurüsten.

Daß gegen eine Verschmutzung des Grundwassers, wenn solche Brunnen längere Zeit benutzt werden sollen, besondere Vorkehrungen getroffen werden müssen, wurde schon früher erwähnt und ebenso, daß sie versagen, wenn Grundwasser erst in größerer Tiefe (über 6 m unter der Erde) angetroffen wird oder wenn steiniger Untergrund das Niederbringen unmöglich macht. Es wird also, auch wenn das Material zur Stelle ist, an vielen Orten die Bohrung erfolglos bleiben.

Man kann den Truppen gesundheitlich einwandfreie Wasservorräte von Stellen aus, wo solche erhältlich sind, in Wasserwagen nachführen (K. S. O. Ziffer 406) und hat dies auch, durch besondere Verhältnisse gezwungen, oft getan. Während des letzten südwestafrikanischen Feldzuges war das Mitführen von Trinkwasser in Wasserwagen und Wassersäcken unvermeidlich.

Stets wird diese Maßnahme aber als ein Notbehelf anzusehen sein, zu dem man wegen der großen Belastung der Truppe und der geringen Wassermenge, die im Vergleich zum Bedarf auf diese Weise bereitgestellt werden kann, nur sehr widerwillig sich entschließen wird. Zudem sind einwandfreie Transportgefäße nur schwerer zu beschaffen.

Bei den großen Schwierigkeiten, die sich somit der Erschließung

oder Mitführung genügender Mengen brauchbaren Trinkwassers meist entgegenstellen und der Eile, mit der die Frage der Wasserversorgung großer Truppenkörper oft gelöst werden muß, bleibt als einziger Ausweg die Verwendung von Oberflächenwasser, das in Flüssen, Bächen, Seen usw. überall leicht erreichbar ist und zu dem hier auch das Wasser verdächtiger Quelläufe sowie von Brunnen gerechnet werden muß, die nach dem Ergebnis der örtlichen Besichtigung oberflächliche Zuflüsse aufnehmen. Dieses Wasser muß, wenn es zum Trinken benutzt werden soll, natürlich erst soweit verbessert werden, daß eine Gesundheitsgefährdung durch seinen Genuß ausgeschlossen ist.

Welche Verfahren können nun im Felde in dieser Hinsicht die nötige Sicherheit gewährleisten?

Die Anwendung von Chemikalien wird in vielen Fällen, wie wir früher (S. 248) sahen, eine Verbesserung des Wassers ermöglichen. Namentlich gilt dies von dem Alaun, der zur Klärung trüben und schmutzigen Wassers auch bei den während der Aufstände in Ostasien und Südwestafrika verwendeten Truppen in ausgedehntem Maße benutzt wurde und sich durchaus bewährt hat. Auch eine wesentliche Keimverminderung läßt sich durch die früher kurz aufgeführten Chemikalien erreichen. Damit sind aber die Grenzen der Wirksamkeit dieser Mittel, soweit die Herstellung eines brauchbaren Trinkwassers im Felde in Frage kommt, erreicht. Wir kennen keine chemische Substanz — von dem Ozon vielleicht abgesehen —, die bei kurzer Einwirkungsdauer und in Mengen, die das Aussehen, den Geschmack und die Bekömmlichkeit des Wassers nicht wesentlich herabsetzen, etwa in diesem vorhandene Krankheitserreger mit Sicherheit vernichtet. Mit Recht wird daher die Anwendung chemischer Mittel in der Kriegssanitätsordnung (Ziffer 412) widerraten.

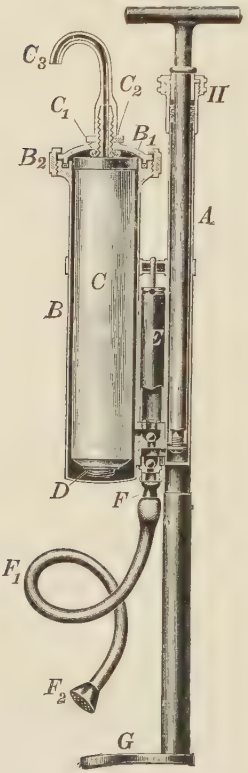
Die Verwendung von Filtern zur Trinkwasserverbesserung im Felde ist seit längerer Zeit Gegenstand umfangreicher Versuche gewesen. Am besten haben sich bei diesen die Berkefeld-Filter bewährt, um deren Verbesserung für Heereszwecke sich in den Jahren 1902—1905 der damalige Hauptmann Eben (J. R. 173) große Verdienste erworben hat.

Das von ihm konstruierte „Armeefilter“ hat ein Gewicht von ungefähr 3000 g und liefert bei Verwendung klaren Wassers etwa 3 Liter in der Minute.

Die Einrichtung dieses Filters (Abb. 134) ist nach Musehold und Bischoff (34) folgende: In dem zylindrischen Raume B, der oben durch den aufschraubbaren Deckel B_1 und einen Gummiring abgedichtet ist, ist eine Filterkerze C so untergebracht, daß sie unten auf einer Spiralfeder D ruht, oben mittels Gummiring und Schraubenmutter in der Durchbohrung des Deckels festgeschraubt ist. Die Filterkerze ist

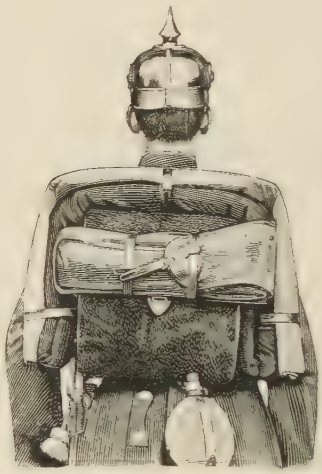
von einem durchlöcherten Metallröhrchen durchzogen, das oberhalb des Deckels in das gebogene abschraubbare Ablaufrohr C_3 übergeht. Mittels der Pumpe A wird das Wasser durch den mit einem Saugstück versehenen Gummischlauch F angesaugt und in den Zylinder B gedrückt. Es passiert die Wand der Filterkerze von außen nach innen und strömt aus dem Rohr C_3 aus. Um die Stöße der Pumpe auszugleichen, ist der Windkessel E zwischengeschaltet; zur Erleichterung der Handhabung des Filters ist an die Pumpe ein Verlängerungsrohr G mit Fußraste abnehmbar angesetzt. Für den Transport wird das Verlängerungsrohr G, das mittels Bajonettverschlusses befestigt ist, abgenommen, das Filter in eine Segeltuchtasche geschoben und an Stelle des Kochgeschirrs auf den Tornister aufge-

Abbildung 134.



Kleines Armeefilter (Querschnitt).

Abbildung 135.



Kleines Armeefilter (verpackt).

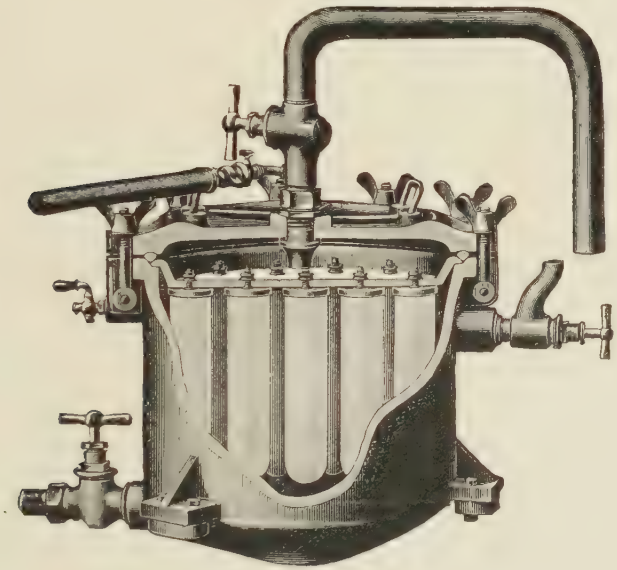
schnallt. Die Größenverhältnisse sind derart, daß die Tasche mit dem Filter den Rand des feldmarschmäßig gepackten Tornisters nicht überragt (Abb. 135).

Für die Filtration größerer Wassermengen hat man die sogen. „großen Armeefilter" konstruiert, die in einem Metallgehäuse 9 kranzförmig um einen in der Mitte gelegenen Sammeltrichter angeordnete Einzelkerzen enthalten und zusammen mit einer Pumpe auf einem Karren montiert werden können (Abb. 136 u. 137). Jede Filterkerze kann hier einzeln ausgeschaltet werden. Frisch gereinigt, liefert

dieser Apparat nach Baehr (40) 15—20 Liter in der Minute, also etwa 10 Kochgeschirre voll. Wenn die baldige Verstopfung der Poren berücksichtigt wird, so kann man bei reinerem Wasser mit einer Durchschnittsleistung von 75—125 Litern in der Stunde rechnen. Diese Filterbatterien haben den Nachteil, daß sie ein bedeutendes Gewicht besitzen und nicht genügend leicht zu transportieren sind.

Daß die Berkefeldfilter keineswegs in absolut zuverlässiger Weise alle im Rohwasser enthaltenen Keime zurückhalten, wurde schon erwähnt. Es ist nicht nur unerläßlich, daß jede einzelne Kerze vor ihrer Ausgabe auf Keimdichtigkeit bakteriologisch geprüft wird, sondern es besteht auch die große Gefahr, daß bei den unvermeidlichen

Abbildung 136.



Sog. großes Armeefilter.

und unkontrollierbaren Insulten, denen das im Felde mitgeführte Filter des einzelnen Mannes ausgesetzt ist, bei wenig schonender Behandlung und unvorsichtigem Vorgehen bei der Reinigung Beschädigungen der Kerze eintreten, die ihre Wirksamkeit in hohem Grade beeinträchtigen. Für die Bedienung solcher Filter dürfen nur besonders zuverlässige Leute ausgebildet werden, die dauernd zu kontrollieren sind. Werden diese Vorsichtsmaßregeln streng beobachtet und, wenn angängig, die einzelnen Kerzen von Zeit zu Zeit nochmals bakteriologisch geprüft, dann werden die Filter auch für die gemeinschaftliche Wasserversorgung kleinerer Trupps im Felde nutzbringend verwendet werden

können (K.S.O. Ziffer 408). Daß sich die Filter im südwestafrikanischen Feldzuge nicht bewährt haben (41), lag hauptsächlich an der außergewöhnlich schlechten Beschaffenheit (Verschlammung) des dort zu filtrierenden Wassers, die schon nach wenigen Pumpenzügen eine völlige Unzulänglichkeit der Filterkerze bedingte.

Abbildung 137.

Großes Armeefilter mit Pumpe, auf einem Karren montiert.

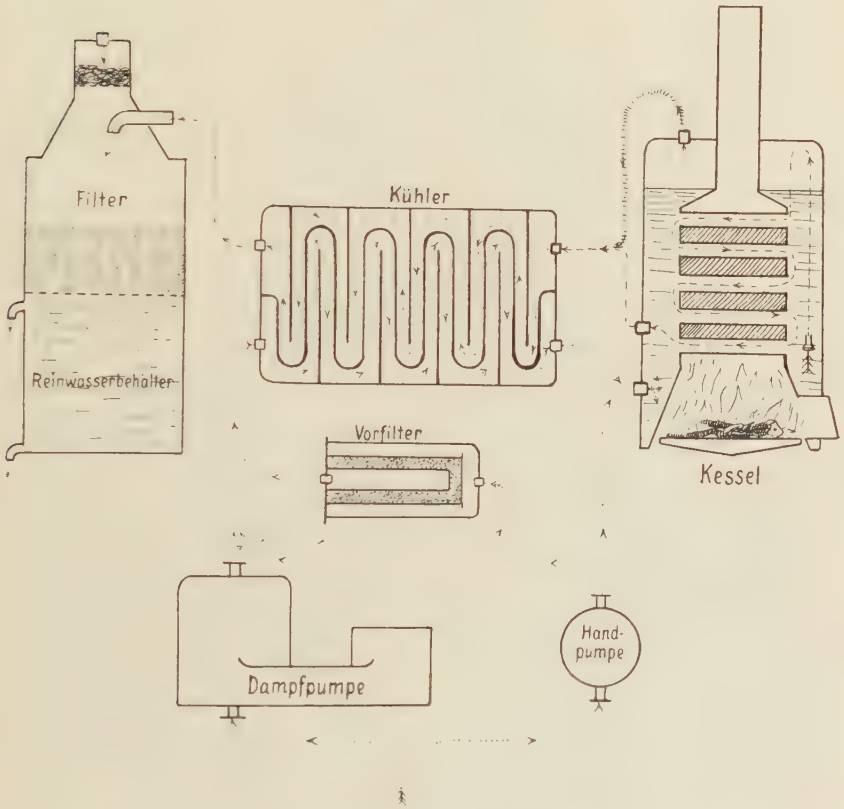
Das einfachste und bezüglich der Keimvernichtung zuverlässigste Mittel der Wasserverbesserung ist auch im Felde die Siedehitze. Das Abkochen des nötigenfalls zuvor geklärten Wassers, hat auch in den letzten Feldzügen eine besondere Rolle gespielt.

Wo große Mengen verdächtigen Wassers durch Siedehitze sterilisiert werden sollen, werden die bei den Etappensanitätsdepots vorhandenen fahrbaren Trinkwasserbereiter (K.S.O. Ziffer 534) aus-

gezeichnete Dienste leisten, die sich auch im Frieden bei den größeren Herbstübungen schon bewährt haben.

Die fahrbaren Trinkwasserbereiter sollen als zweispännige Fahrzeuge der Truppe überall folgen können. Sie sollen ferner ein keimfreies Wasser in einer Menge von etwa 500 Litern in der Stunde liefern, das frei von Kochgeschmack und Trübungen ist und dessen

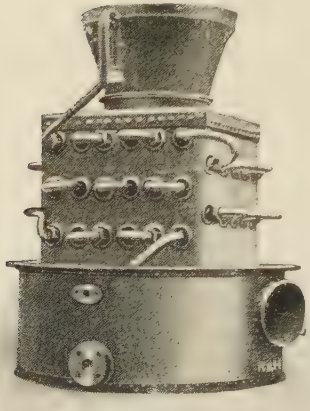
Abbildung 138.



Uebersichtsbild über die Einrichtung des Trinkwasserbereiters.
Rohwasser. – – – Sterilwasser. ⋯⋯ Dampf.

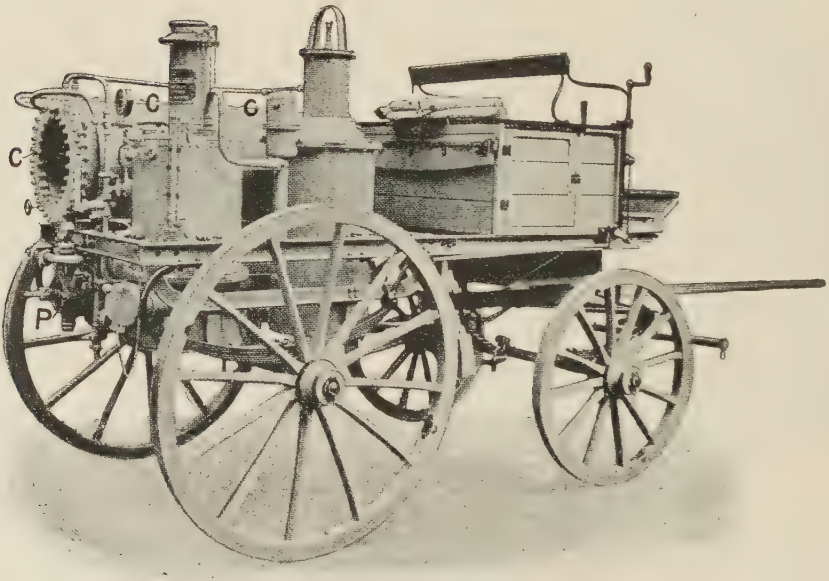
Temperatur nur um wenige Grade höher ist, als die des Rohwassers. Derjenige Teil des Apparates, der von dem sterilisierten Wasser durchflossen wird, muß durch den eigenen Dampf des Apparates leicht sterilisiert werden können. Die Bedienung des Trinkwasserbereiters darf besondere Schwierigkeiten nicht bieten.

Abbildung 139.



Feuerbuchse des Trinkwasserbereiters.

Abbildung 140.

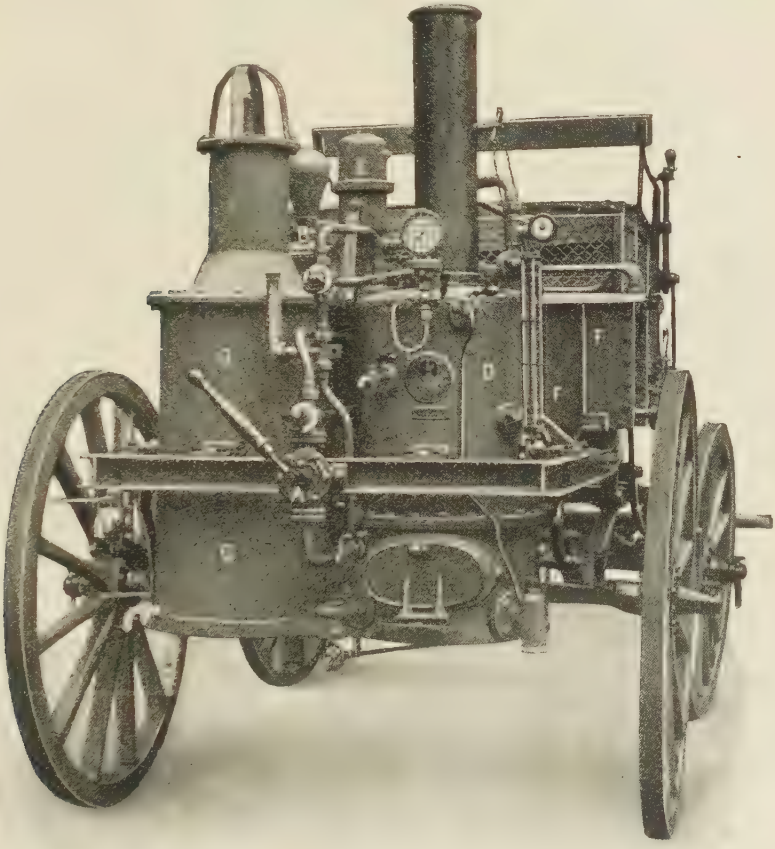


Trinkwasserbereiter älteren Modells mit Röhrenkühler (C).

Diesen Anforderungen werden die von der Firma Rud. A. Hartmann (früher Rietschel & Henneberg) in Berlin gebauten Apparate durchaus gerecht, besonders die neueren Modelle (Abb. 140—144).

Die Apparate bestehen im wesentlichen aus dem zur Erhitzung des Wassers dienenden Kessel, einem Kühler, der das erhitzte Wasser bis auf etwa 3° Temperaturunterschied wieder abkühlen, und einem Filter, das es von Kesselstein reinigen

Abbildung 141.



Trinkwasserbereiter mit Kastenkühler.

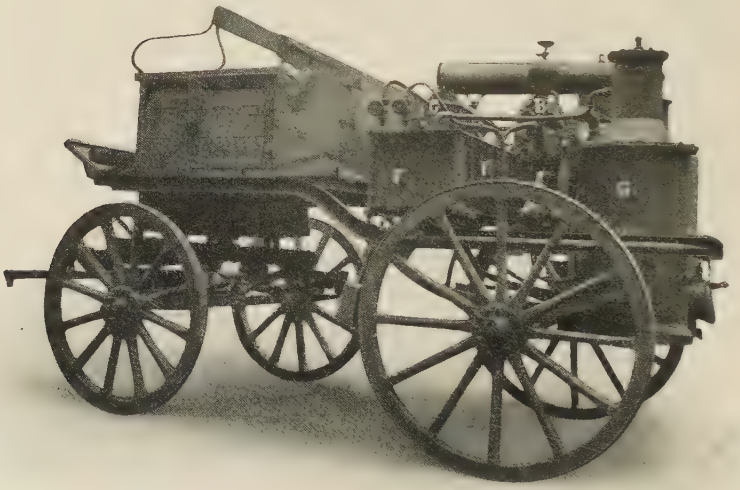
und wieder belüften soll, ferner aus den zur Verbindung und Handhabung dieser Haupteile erforderlichen Rohrleitungen, Hähnen, Pumpen und sonstigen Apparaten.

Der Kessel (Abb. 141, 142, 144D), der durch jedes beliebige Feuerungsmaterial geheizt werden kann, hat die Aufgabe, die Temperatur des ihm zugeführten Rohwassers auf 110° C zu erhöhen und arbeitet demgemäß mit einer Spannung von 0,5 Atmosphären. Es ist ein stehender Quersiederohrkessel, dessen Feuerbuchse (Abb. 139) mit einer sog. Sterilisierschlange ausgerüstet ist. Diese Schlange muß das Wasser, das im oberen Teile des Kessels in sie eintritt, von oben nach unten durchlaufen, bevor es den Kesselinnenraum verläßt. Infolge Einführung dieses Zwangsweges ist

Abbildung 142.

Trinkwasserbereiter (Modell 1909), von der rechten Seite.

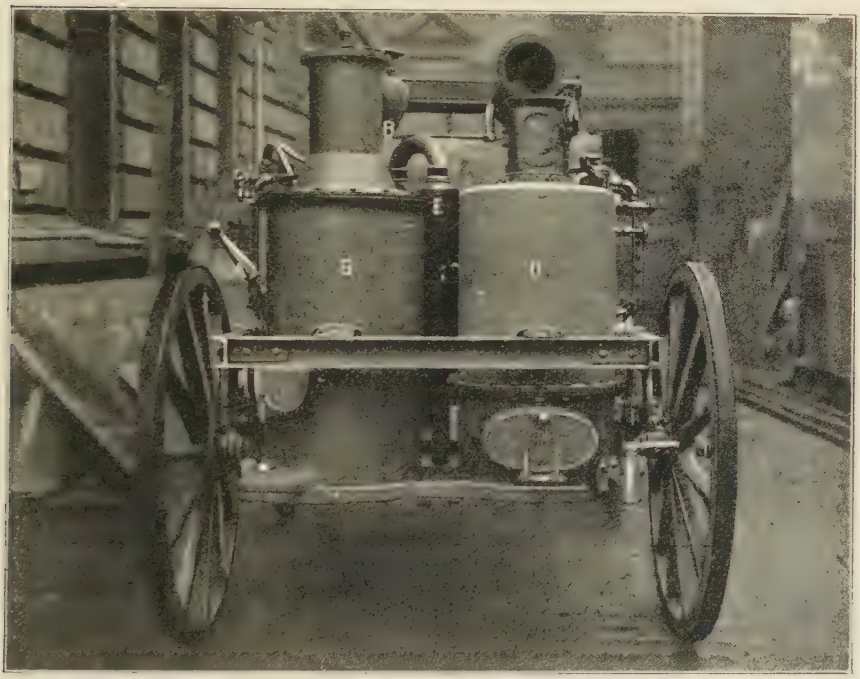
Abbildung 143.



Trinkwasserbereiter (Modell 1909), von der linken Seite.

die größtmögliche Sicherheit des Sterilisationseffektes gewährleistet, indem das dem Kessel entnommene, auf 110° erhitzte Wasser in der durch die Quersiederohre geführten Schlange mindestens eine Minute verweilt, sodaß es sicher diese Zeit die genannte Temperatur behält. Die Feuerbuchse sowie die in ihr liegende Schlänge sind bei dem neuesten Modell (1909) vollkommen hart gelötet, sodaß hier auch ein zeitweiliges Feuern ohne Wasser ein Ausschmelzen und damit ein Undichtwerden des Kessels nicht herbeiführen kann [Hoffmann und Kutscher (42)]. Ebenso sind die Kesselmäntel nicht genietet, sondern geschweißt, sodaß der Kessel außen vollkommen glatt ist. Das am Kessel angebrachte Sicherheitsstandrohr (Abb. 141 u. 144 E) soll verhindern, daß der in dem Kessel beabsichtigte Ueberdruck von 0,5 Atm. überschritten wird. Bei dem neuesten Modell wirkt diese Einrichtung gleichzeitig als Druckregulator, indem sie nur den Druck entweichen läßt, der über den

Abbildung 144.



Trinkwasserbereiter (Modell 1909), von hinten.

Betriebsdruck hinaus entwickelt wird. — Der Schornstein wird während des Transportes umgeklappt.

Das unten den Kessel verlassende Wasser wird dann zum Kühler geführt, der einerseits das hocherhitzte sterile Wasser genügend abkühlen, andererseits aber gleichzeitig das zur Kühlung verwendete Rohwasser auf eine möglichst hohe Temperatur vorwärmen soll, ehe dieses zum Kessel tritt (Abb. 138). Eine Vermischung des Rohwassers mit dem sterilisierten Wasser im Kühler wird durch die absolut dichte Wandung ihrer Leitungen verhindert. Durch Anwendung des Gegenstromprinzipes ließ es sich erreichen, daß das Sterilwasser bei dem neuen Modell bis auf eine nur 2—3° über der Rohwasserwärme liegende Temperatur gekühlt wird, während gleichzeitig das dem Kessel zuströmende Rohwasser sich fast bis zur Siedetemperatur vorwärmt. Es ist klar, daß diese sogenannte Wärmeregeneration, d. h. die stete Wiederbenutzung des anfänglich aufgewendeten Wärmewertes zur Neuerwärmung des Rohwassers, den Betrieb der Anlage wirtschaftlich sehr

günstig gestalten muß; denn es ist im Kessel nur soviel Wärme neu zu erzeugen, als dem Unterschied zwischen der Eintrittstemperatur und der nur um wenige Grade höheren Austrittstemperatur entspricht.

Bei den Apparaten älterer Konstruktion verliefen in dem Kühler (sogen. „Röhrenkühler") Rohre, die von dem Rohwasser umspült wurden (Abb. 140C). Da ihre Reparatur umständlich und kostspielig war, ging man bald zu dem ganz aus Metall bestehenden „Kastenkühler" (Abb. 141—143F) über.

Dieser besteht aus einer sehr großen Zahl von schmalen Zellen, die wechselseitig so miteinander verbunden sind, daß zwei in ihrer Ausdehnung gleich lange, aber völlig von einander getrennte, schlangenförmig gewundene Wege geschaffen werden. Den einen durchströmt das Sterilwasser, in dem andern wird an ihm, durch die Metallwände sicher abgeschlossen, das Rohwasser in entgegengesetzter Richtung vorbeigeführt (Abb. 138).

Den dritten Hauptbestandteil der Gesamtanlage bildet das Filter (Abb. 141, 143, 144G), welches das bereits sterilisierte und gekühlte, aber noch mit Beimengungen von Kesselstein und dergl. getrübte Wasser reinigt und lüftet. Das sterile Wasser betritt das Filter durch eine Art von Brause und fällt in Gestalt eines Regens auf das darunter befindliche äußerst dichte Filtermaterial (Bimstein). Hierbei tritt es innig mit der von außen durch ein keimsicheres Wattefilter eingesaugten Luft in Berührung.

Bei den älteren Apparaten wurde das Rohwasser vor seinem Eintritt in den Trinkwasserbereiter von den in ihm suspendierten Stoffen nur notdürftig durch einen mit Sackleinen umspannten Saugkorb gereinigt. Es kam daher häufig vor, daß die Rohwasserseite des Kühlers und der Kessel alsbald verschmutzt wurden. Bei den neueren Modellen ist aus diesem Grunde ein Vorfilter mit Bimsteinfüllung angebracht (Abb. 142 u. 143C), durch welches das Rohwasser zunächst hindurchtreten muß.

Die einzelnen Leitungen und Ventile für Sterilwasser, Rohwasser und Dampf sind vollkommen von einander getrennt, sodaß ein Uebertritt von Wasser aus der einen in die andere nicht vorkommen darf. Bei dem neuesten Modell sind sämtliche Armaturen nach der Innenseite des Wagens verlegt und alle Ventile bis auf die Umschalteventile am Vorfilter in einem dort an geschützter Stelle angebrachten Ventilkasten vereinigt (Abb. 142). Diese Anordnung erleichtert die Bedienung wesentlich und verhindert außerdem Beschädigungen dieser wichtigen Teile, die bei ihrer früheren exponierten Lage an der Hinterseite des Apparates häufiger eintraten.

Der Betrieb gestaltet sich nun folgendermaßen:

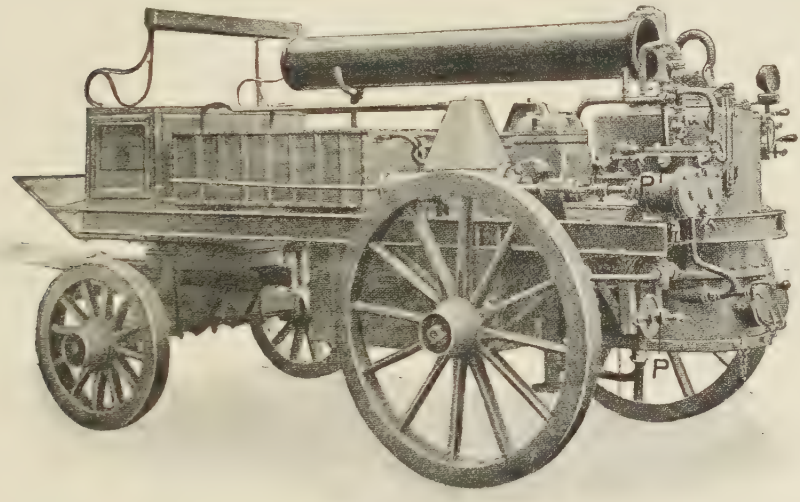
Das Rohwasser wird aus einem Fluß, Bach usw. durch einen Schlauch entnommen und zunächst durch die Handpumpe (Abb. 141 u. 144A) direkt dem Kessel zugeführt. Der Schlauch trägt, wie schon erwähnt, an seinem unteren Ende einen Saugkorb, der zwecks Zurückhaltung grober Schwimmstoffe (Holzteile, Fische pp.) mit Sackleinwand umgeben ist und für die Zeit der ersten Kesselspeisung, um eine Verschmutzung des Kessels durch das unfiltrierte Rohwasser zu vermeiden, mit einem kleinen Bimsteinfilter versehen werden kann. Sobald im Kessel der nötige Dampfdruck erreicht ist, wird durch Umschaltung eines Ventils die Dampfpumpe (Abb. 141, 143, 144B) in Bewegung gesetzt, die nunmehr selbsttätig das Wasser fördert. Letzteres wird von jetzt ab zunächst durch das Vorfilter und den Kühler geleitet und tritt dann in den Kessel, den es nach Passieren der Sterilisierschlange, auf 110° erhitzt, verläßt. Es geht darauf wieder durch den Kühler in entgegengesetzter Richtung zum Verlauf des Rohwassers und dann in den Filterturm, aus dem es unten trinkfertig abläuft.

Läßt das Vorfilter in seiner Leistungsfähigkeit durch die Verschmutzung, die je nach der Beschaffenheit des Wassers früher oder später eintreten wird, nach, so wird es rückläufig durch steriles Kesselwasser gespült, was nötigenfalls auch ohne Unterbrechung des Betriebes durch kurze Ausschaltung des Vorfilters vor sich gehen kann. Wann die Zeit zu einer derartigen Reinigung des Vorfilters gekommen ist, kann in einfacher Weise an einem Glasgestell erkannt werden, das außen am Vorfilter abnehmbar angebracht wird. Dieses besteht aus 2 Glasröhren von gleicher Form, in die man das aus dem Vorfilter austretende Wasser durch einen Hahn eintreten lassen kann. Man füllt das eine dieser Rohre im Beginn des Betriebes,

das andere nach längerem Betriebe zu beliebiger Zeit und wird durch den Vergleich der Klarheit beider Proben beurteilen können, wann die Filtrationskraft des Vorfilters erschöpft ist.

Die Prüfung des Kühlers auf seine Dichtigkeit, d. h. auf dauernde strengste Trennung des Roh- und Sterilwassers in ihm, wird durch die bakteriologische Untersuchung des ablaufenden Sterilwassers vorgenommen. Ergibt diese das Vorhandensein von Bakterien, die durch den Kochprozeß sicher abgetötet werden, so kann daraus mit Sicherheit geschlossen werden, daß dem Sterilwasser auf seinem Wege durch den Kühler Rohwasser beigemengt wurde. Auch mittelst einer Fluoreszeinlösung kann eine solche Prüfung vorgenommen werden. Man sperrt den Weg des Rohwassers zum Kessel dicht vor diesem durch einen Hahn ab und pumpt so lange mit Fluoreszein stark grün gefärbtes Rohwasser durch den Kühler, bis es diesen ganz durchlaufen hat. Alsdann schraubt man in das nach dem Kessel zu verschlossene Verbindungsrohr ein Manometer ein und pumpt so lange gefärbtes Rohwasser weiter ein, bis dieses einen Druck von 0,5 Atmosphären anzeigt. So läßt

Abbildung 145.



man den Apparat 1 Stunde stehen. Ist eine Undichtigkeit im Kühler vorhanden, so wird das gefärbte Rohwasser in die leere Reinwasserseite übertreten. Läßt man hierauf Dampf vom Kessel aus durch die Reinwasserseite streichen, so kondensiert sich dieser und das aus der Reinwasserseite abfließende Wasser wird im Falle der Undichtigkeit Fluoreszeinfärbung zeigen, die sich auch bei starker Verdünnung noch erkennen läßt. Diese Probe hat besondere Vorzüge für die Kriegsverhältnisse. Sie ist von Lemoin angegeben, von Pfuhl eingeführt und von Hoffmann und Kutscher mehrfach praktisch erprobt.

Durch alle für das Sterilwasser bestimmten Teile kann man nach Umschaltung der entsprechenden Ventile Dampf aus dem Kessel hindurchleiten. Auf diese Weise läßt sich leicht eine sichere Desinfektion dieser Leitungen erreichen.

Die Bedienung des Apparates muß naturgemäß Gegenstand eingehender Unterweisung sein, ist aber nach der jedem Trinkwasserbereiter beigegebenen und durch Zeichnungen erläuterten eingehenden Gebrauchsanweisung von einigermaßen intelligenten Leuten unschwer zu erlernen. Am zweckmäßigsten wird die Ueberwachung der Wassersterilisierung besonders hierin ausgebildeten Sanitätsunteroffizieren übertragen, denen als Bedienungspersonal für jeden Apparat ein Mann — am besten ein mit maschinellen Einrichtungen vertrauter Schlosser — beigegeben wird.

Nach demselben Prinzip wie die bisher besprochenen Apparate werden auch größere fahrbare Trinkwasserbereiter gebaut, die 1000 Liter in der Stunde liefern. Einen derartigen Apparat gibt Abb. 145 wieder. Er hat naturgemäß einen größeren Kessel und 2 Kühler und Filter; sein Gewicht beträgt 2450 kg. Wegen seines großen Gewichtes eignet sich dieser Trinkwasserbereiter nicht für den Feld-

Abbildung 146a.

Tragbarer Trinkwasserbereiter, verpackt.

gebrauch. Er wird aber als mehr stationäre Anlage in Truppenlagern, größeren Forts usw. ausgezeichnete Dienste leisten.

Fahrbare Trinkwasserbereiter werden jedoch nur größeren Truppenverbänden beigegeben werden können. Für Truppenteile etwa von der Stärke einer Kompagnie oder eines Bataillons müßten kleinere tragbare Apparate verfügbar sein, die etwa 100 Liter steriles und wieder abgekühltes Wasser in der Stunde liefern. Auch von solchen Apparaten gibt es mehrere, die allen Anforderungen entsprechen.

Der tragbare Trinkwasserbereiter der Firma Rud. A. Hartmann hat ein Gesamtgewicht von 45 kg und läßt sich als Paket auf Truppen- und Sanitätsfahrzeugen verladen, kann aber auch, in zwei Teilen von je etwa 2,25 kg Schwere von zwei Mann getragen werden (Abb. 146a). Die Verpackung des Apparates gestattet auch, ihn zu beiden Seiten eines Tragsattels zu befestigen. Seine Bedienung (Abb. 146b) ist sehr einfach. Nach Aufstellung der einzelnen Teile beschränkt sie sich auf Instandhaltung eines offenen Holzfeuers und auf Nachfüllen von Rohwasser. Alle anderen Funktionen erledigen sich automatisch.

Der Apparat arbeitet intermittierend. Ein bestimmtes Quantum Rohwasser wird in den Kessel gelassen, auf die gewünschte Temperatur erhitzt und dann durch den entstehenden Dampfdruck herausgedrückt.

Abbildung 146b.

Der tragbare Trinkwasserbereiter setzt sich ebenfalls aus Kessel, Kühler und Filter zusammen, wozu noch ein Einfüllbeutel mit seinem Stativ kommt.

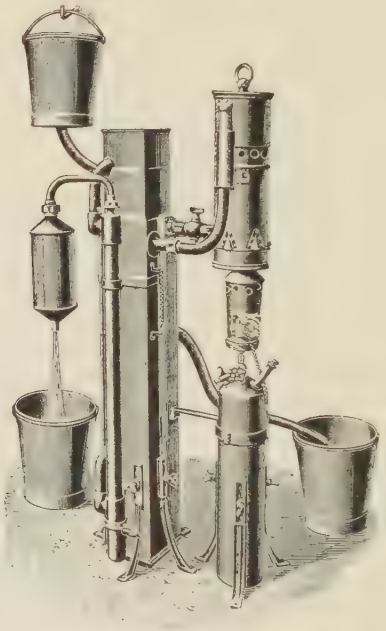
Der Kessel besteht aus Kupfer. In seinem unteren Teil wird das Wasser erhitzt, während der obere Teil als Sammelgefäß für das aus dem Kühler kommende Rohwasser dient. Ein Schwimmer, der, sobald das heiße Wasser aus dem Kessel herausgedrückt wird, die Verbindung zwischen Ober- und Unterteil des Kessels herstellt, läßt das Wasser fast momentan von oben nach unten stürzen, wirkt also wie eine sogenannte Kataraktsteuerung.

Diese Anordnung hat den Zweck, die Einfüllperiode beim Kessel möglichst zu verkürzen; denn es würde, da das Einfüllgefäß (ein leinener Beutel) nur 1,5 m hochsteht, ohne das Sammelgefäß, das den Durchfluß des Rohwassers durch den Kühler kontinuierlich gestattet, die Füllung des Kessels nur nach Maßgabe der Durchflußgeschwindigkeit durch den Kühler geschehen. Das Herausdrücken des heißen Wassers kann bei der besonderen Konstruktion des Austrittventils erst bei

Erreichung eines Druckes von 0,3 Atmosphären stattfinden. Bis zu diesem Punkt wirkt jede Drucksteigerung nur auf Schließen des Ventiles hin und erst bei Erreichung des gewünschten Druckes und damit der Temperatur wird das Austrittsventil momentan ganz geöffnet und erlaubt dem Dampf, das heiße Wasser durch den Kühler zu drücken. Ist der Wasserspiegel im Kessel auf ein bestimmtes Niveau gesunken, so bewirkt der vorher erwähnte Schwimmer sofort das Zutreten von neuem Wasser aus dem Sammelgefäß und beendet gleichzeitig den Austritt des gekochten Wassers.

Die Armaturen des Kessels, das Austrittsventil sowie ein Hochhubsicherheitsventil sind leicht zugänglich und sichtbar angebracht, werden aber beim Transport durch eine während des Betriebes als Behälter für das fertig sterilisierte und gekühlte Wasser dienende Haube geschützt. Das Dampfventil

Abbildung 147.



Dr. Kades Trinkwasser-Sterilisator.

zur Desinfektion des Apparates selbst ist hier mit dem Wasseraustrittsventil verbunden und, wie dieses, leicht zugänglich. Der Kessel ruht während des Betriebes auf einem schmiedeeisernen dachförmigen Untersatz.

Der Kühler besteht aus einem Nickelband, das in einer Kupferzarge montiert ist und bei gedrängtester Anordnung eine vollkommene Kühlung und Ausnutzung der im Sterilwasser befindlichen Wärme gestattet. Das Sterilwasser verläßt den Apparat auch bei dieser Ausführung mit einer Temperatur, die nur etwa 3° höher liegt, als die Rohwassertemperatur. Die Verbindung des Kühlers mit dem Kessel und auf der anderen Seite mit Filter und Einfüllbeutel geschieht durch Schläuche, um beim Aufstellen der Apparate die nötige Bewegungsfreiheit zu haben. Das Filter ist aus einem Beutel wasserdichter Leinwand gebildet, der unten die Filterschicht trägt und oben durch Luftzutritt in geeigneter Weise für die Belüftung sorgt. Er ist, wie aus Abb. 146b hervorgeht, an dem Stativ befestigt, welches den Einfüllbeutel trägt. Dieser besteht ebenfalls aus wasserdichter Leinwand und enthält innen einen zweiten Beutel aus Filterleinen,

der die gröbsten Verunreinigungen des Rohwassers zurückhält, so daß sie nicht in den Kühler und Kessel gelangen können.

Erwähnenswert ist hier ferner Kades Trinkwasser-Sterilisator:

Dieser Apparat, dessen Anordnung auh Abb. 147 ersichtlich ist, ist speziell für überseeische Expeditionen konstruiert. Ein Petroleumgasbrenner erhitzt das durch besondere Siederöhren geführte Wasser in zuverlässiger Weise, ein zweckmäßig angelegter Schwimmer, der die Wasserzufuhr regelt, verhindert, daß ungekochtes Wasser in den Ablauf gelangt. Allerdings ist streng darauf zu achten, daß der Apparat während des Betriebes vollständig horizontal und fest steht. Das den Kessel verlassende Wasser wird auch hier nach dem Siemensschen Gegenstromprinzip in genügender Weise gekühlt. Der Apparat kann durch seinen eigenen Dampf leicht sterilisiert werden und liefert in der Stunde einen ununterbrochen Strom von etwa 120 Litern sterilen Wassers. Die Verpackung ist so eingerichtet, daß er in 4 Kisten zu einem Gewichte von 25 kg (= einer Trägerlast) untergebracht wird.

Von Truppenteilen, denen fahrbare oder tragbare Sterilisatoren nicht zur Verfügung stehen, sowie von kleinsten Abteilungen (Patrouillen, Feldwachen usw.), muß das Wasser in Kochgeschirren mindestens 10 Minuten bis zum Sieden erhitzt werden. Wenn angängig — z. B. in Biwaks und Ortsunterkünften —, sind durch besondere Kommandos oder vorausgesandte Sanitätsmannschaften (K.S.O. Ziffer 407) größere Wassermengen abzukochen, damit die nachfolgende Truppe ein bereits abgekühltes Trinkwasser vorfindet. Der Kochgeschmack wird in diesem Falle am zweckmäßigsten durch Zusatz von Tee, Kaffee oder Zitronensäure zum abgekochten Wasser beseitigt. Auch Schütteln des Wassers oder Peitschen mit reinem Reisig vermag dadurch das Wasser schmackhafter zu machen, daß es ihm Luft zuführt (K.S.O. Ziffer 411).

Wenn auch die beschriebenen Kochapparate im allgemeinen von durchaus zuverlässiger Wirkung sind, so muß doch auch an ihrer Vervollkommnung rastlos weiter gearbeitet werden, damit durchaus kriegsbrauchbare, d. h. leicht transportable, dabei aber sehr widerstandsfähige Sterilisatoren, möglichst auch für kleinere Verbände zur Verfügung gestellt werden können. Wünschenswert ist es ferner, daß die Technik die Herstellung fahrbarer Ozonanlagen von zuverlässiger Wirkung und geringerer Empfindlichkeit im Auge behält. Schließlich darf auch die weitere Erprobung von Filterapparaten und chemischen Mitteln für die Zwecke einer schnellen und wirksamen Trinkwassersterilisierung nicht als von vornherein aussichtslos aufgegeben werden, denn nur dadurch, daß wir auch dem einzelnen, von seiner Truppe getrennten Mann ein Mittel in die Hand geben können, mit dem er sich jederzeit schnell und in einfachster und zuverlässigster Weise ein einwandfreies Trinkwasser bereiten kann, werden wir in der für die Bekämpfung der Heeresseuchen so überaus wichtigen Frage der rationellen Wasserversorgung im Felde neue Erfolge erwarten dürfen,

Literatur.

1. Gärtner, Leitfaden der Hygiene. 5. Aufl. 1909.
2. Rubner, Lehrbuch der Hygiene. 8. Aufl. 1907.
3. Flügge, Grundriß der Hygiene. 6. Aufl. 1908.
4. Pfeiffer und Proskauer, Enzyklopädie der Hygiene. 1905.
5. v. Esmarch, Hygienisches Taschenbuch. 4. Aufl. 1908.
6. Lehmann, Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. 1901.
7. Oesten und Frueling, Die Wasserversorgung der Städte. Handb. d. Ing.-Wissenschaften. 4. Aufl. 1904.
8. Gärtner, Die Quellen in ihren Beziehungen zum Grundwasser und zum Typhus. Klin. Jahrb. Bd. 9. 1902.
9. Priefer, Aetiologie, Inkubationszeit und klinische Krankheitserscheinungen bei einer Typhusepidemie. Zeitschr. f. Hyg. Bd. 46. 1903.
10. Pfeiffer, Typhusepidemien und Trinkwasser. Klin. Jahrb. Bd. 7. 1898.
11. Ohlmüller und Spitta, Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. 3. Aufl. 1910.
12. Timann und Gärtner, Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer. 4. Aufl., bearb. von Walter und Gärtner. 1895.
13. Mez, Mikroskopische Wasseranalyse. 1898.
14. Senft, Mikroskopische Untersuchung des Wassers. 1905.
15. Klut, Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. 1908.
16. Fromme, Ueber die Beurteilung des Colibakterienbefundes im Trinkwasser. Zeitschr f. Hyg. Bd. 65. 1910.
17. Konrich, Zur Bewertung des Bacterium coli im Wasser. Klin. Jahrb. Bd. 23. 1910.
18. Kolkwitz und Marsson, Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. aus d. Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. H. 1. 1902 und H. 2. 1903.
19. Anleitung für die Einrichtung, den Betrieb und die Ueberwachung öffentlicher Wasserversorgungsanlagen, welche nicht ausschließlich technischen Zwecken dienen. Abgedruckt in den Veröffentl. aus d. Kais. Ges. Amt. 1906. S. 777.
20. Anweisung d. Min. d. Medizinal-Angelegenh. u. d. Min. d. Innern dazu. Ebendas. 1907. S. 772.
21. Schattenfroh, Die Grundlagen der hygienischen Wasserbegutachtung. Bericht über den XIV. internat. Kongreß für Hygiene u. Demographie. Bd. I. Berlin 1907.
22. Peters, Zur Frage der Enteisenung von Einzelbrunnen usw. Zeitschr. f. Hyg. Bd. 61. 1908.
23. Anklam, Die Wasserversorgung Berlins. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. 38. 1906.
24. Gans, Verbesserung von Trinkwasser und Gebrauchswasser durch Aluminiumsilikate oder künstliche Zeolithe. Mitt. aus d. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. Heft 8. 1907.
25. Thumm und Schiele, Die Sterilisierung und Filterung von Trinkwasser durch das Ferrochlorverfahren. Mitt. aus d. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. Heft 8. 1907.
26. Hetsch, Ueber den heutigen Stand der Frage der Trinkwassersterilisation durch Chemikalien. Gedenkschr. f. R. v. Leuthold. Bd. 1. Berlin 1906.
27. Deeleman, Die Trinkwassersterilisation mittels ultravioletter Strahlen und ein neuer fahrbarer Trinkwasserbereiter für den Feldgebrauch. Deutsche militärärztl. Zeitschr. 1910 Nr. 11.
28. Plagge, Untersuchungen über Wasserfilter. Veröffentlichungen aus d. Geb. des Mil.-San.-Wesens. Heft 9. 1895.
29. Loesener, Die Trinkwasserversorgung der Truppe. Berlin 1909.
30. Götze, Doppel-Sandfiltration und Vorklärung mit schwefelsaurer Tonerde. Ber. über den XIV. internat. Kongr. für Hygiene und Demographie. Bd. III. Berlin 1907.
31. Erlwein, Ueber Trinkwasserversorgung durch Ozon und Ozonwasserwerke. Journ. f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. Jahrg. 1903.

32. Erlwein, Einzelanlagen zur Sterilisation von Wasser durch Ozon. Gesundh. Ingenieur. Jahrg. 1906.
33. Derselbe, Ueber Trinkwassersterilisation durch Ozon. Ber. üb. d. XIV. internat. Kongr. f. Hyg. u. Demogr. Bd. III. Berlin 1907.
34. Musehold und Bischoff, Zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung im Felde. Gedenkschr. f. R. v. Leuthold. Bd. 1. Berlin 1906.
35. Brüning, Zinkhaltige Trinkwässer. Zeitschr. f. Untersuchung von Nahrungs- u. Genußmitteln. Bd. 14. 1907.
36. Hoffmann, Hygienische Vervollkommnungen an dem Bopp-Reutherschen Ventilbrunnen. Deutsche militärärztl. Zeitschr. 1907.
37. Erlaß des Ministers der Medizinal-Angelegenheiten betr. die „Grundsätze für die Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration". Min.-Bl. f. Med. usw. Angelegenh. 1902. S. 322ff.
38. Bischoff, Die Wasserversorgung für eine Armee im Felde. Bericht über d. XIV. internat. Kongr. f. Hygiene u. Demographie. Bd. III. Berlin 1907.
39. Schmiedicke, Ueber Brunnenanlagen bei Truppenübungen. Deutsche militärärztliche Zeitschr. 1906.
40. Baehr, Trinkwasserbeurteilung und Trinkwasserversorgung bei der Feldarmee. Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 56. 1907.
41. Sanitäts-Bericht über die Kaiserl. Schutztruppe für Südwestafrika während des Herero- und Hottentottenaufstandes für die Zeit vom 1. 1. 04 bis 31. 3. 07. I. Teil. 1909.
42. Hoffmann u. Kutscher, Zur Trinkwasserversorgung der Truppen im Felde. Berliner klin. Wochenschr. 1910. No. 24.

VI. Abschnitt.

Die Beseitigung der Abfallstoffe.[1]

1. Kapitel.

Die Zusammensetzung und Menge der Abfallstoffe.

Die Abfallstoffe des menschlichen Haushaltes, im Gewerbe etc. setzen sich zusammen aus:

1. dem Hausmüll und Straßenkehricht,
2. den menschlichen Exkrementen,
3. dem Dung und Harn der Haustiere,
4. den Hausabwässern einschließlich der meteorischen Niederschlagswässer,
5. den gewerblichen Abgängen.

Als hierher gehörig werden ferner in diesem Abschnitt noch besprochen werden:

Die Bestattung der menschlichen Leichen und
die Beseitigung der tierischen Kadaver.

1) Literatur s. S. 441.

Das

Müll

besteht aus

dem Hauskehricht und der Asche,

den Speiseresten und Küchenabfällen,

den sog. verwertbaren Sperrstoffen, wie Lumpen, Papier, Konservenbüchsen, Scherben u. ähnl.

Die Menge des Mülls ist naturgemäß sehr verschieden, ebenso seine Zusammensetzung je nach den örtlichen Lebensbedingungen und -Gewohnheiten der Bevölkerung, der Art der Heizung und des Heizmaterials, der Jahreszeit — im Winter mehr Asche als im Sommer.

v. Pettenkofer berechnet die Menge des Hausmülls auf durchschnittlich 120 kg pro Kopf und Jahr, und zwar 90 kg Küchenabfälle und Hauskehricht sowie 15 kg Asche bei Holz- und 45 kg bei Kohlenfeuerung.

Nach L. Bote (1) enthält das Müll im Mittel 28.34 pCt. Feinmüll (Asche) und 45,69 pCt. Grobmüll (Speisereste, Papier, Holzabfälle, Konservenbüchsen etc.) Nach verschiedenen chemischen Analysen sind in trockenem Müll etwa 22—24 pCt. organische Substanzen, also in ziemlich reichlicher Menge fäulnisfähige Bestandteile, und etwa 76 pCt. Asche enthalten (Phosphorsäure 0,34 pCt., Kali 0,13 pCt., Stickstoff 0,40 pCt.). In der Holzasche sind durchschnittlich 3 pCt. Phosphorsäure und 8 pCt. Kali vorhanden. Sie besitzt also einen nicht unerheblichen Dungwert. Die Asche von Kohlen und Torf enthält geringere Mengen von Pflanzennährstoffen.

Der

Straßenkehricht

setzt sich zusammen aus den bei der Abnutzung des Straßenpflasters entstehenden Produkten, den gelegentlich des menschlichen Verkehrs auf die Straßen gelangenden Abfällen sowie dem Dung der Zugtiere, vornehmlich Pferdemist. Die Menge des Straßenkehrichts wird von Weyl für englische und deutsche Großstädte auf 180—230 kg pro Kopf und Jahr geschätzt. Sie wird naturgemäß ebenfalls sehr großen Schwankungen unterworfen sein. Diese hängen einmal vom Verkehrsreichtum der betreffenden Straßen, in erster Linie jedoch von der Art der Straßenbedeckung ab. Nach v. Esmarch (2) verhält sich in London die Menge des Straßenkehrichts auf Macadam, Granit und Asphalt wie 35 : 15 : 5.

Seiner chemischen Zusammensetzung nach enthält der Straßenkehricht außer einem sehr großen Teil unlöslicher Bestandteile (Kieselsäure) ebenfalls verhältnismäßig sehr viel zersetzungsfähige organische Substanzen (22 pCt.) mit 0,4 pCt. Stickstoff, 3,17 pCt. Kalk, 0,39 pCt. Kali, 0,61 pCt. Phosphorsäure.

Die Menge der

festen und flüssigen menschlichen Exkremente

wird gewöhnlich durchschnittlich auf den Kopf und Tag mit 90 g Kot und 1200 ccm Harn, zusammen $1^1/_2$ Liter berechnet (v. Petten-

kofer, Frankland). Menge sowie Zusammensetzung der Exkremente sind jedoch nach Lebensalter, Geschlecht und vor allem nach der Art der Nahrung sehr verschieden. So ist es z. B. hinlänglich bekannt, daß bei reichlicher Pflanzennahrung größere Mengen von Kot ausgeschieden werden als bei überwiegender Fleischnahrung bzw. gemischter Kost.

Rubner (3) fand bei ausschließlicher Ernährung mit Erbsen und Kartoffeln die Menge des Trockenkotes nahezu verdoppelt, bei Wirsingkohl verdreifacht, bei Schwarzbrot und gelben Rüben verfünffacht gegenüber reiner Fleischnahrung. Bei alleiniger Ernährung mit cellulosereichem Kakao beobachtete Neumann (4) eine etwa 10 mal so große Menge Trockenkot als bei reiner Fleischnahrung. Aus diesen Angaben ist der Schluß erlaubt, daß die Kotmengen der reichlich cellulosehaltige Nahrung (Kommisbrot, Hülsenfrüchte) erhaltenden Soldaten im allgemeinen die oben angenommene Menge von 90 g pro Tag etwas überschreiten werden.

Der Kot enthält im Durchschnitt etwa 75 pCt. Wasser und 25 pCt. feste Bestandteile, der Harn 93,5 pCt. Wasser und 6,5 pCt. feste Stoffe. Der Gehalt des Kotes und Harns an fäulnisfähigem organischen Stickstoff ist gleichfalls nach Alter, Geschlecht und Nahrung wechselnd. Im Durchschnitt werden mit den festen Exkrementen auf den Kopf und Tag 1,27 g, mit dem Harn 8,33 g Stickstoff ausgeschieden. (Th. Weyl). Hiernach werden mit dem Harn wesentlich mehr zersetzungsfähige Substanzen entleert als mit dem Kot. Im übrigen sind sowohl in den festen Exkrementen als auch im Harn ziemlich erhebliche Mengen von Kali und Phosphaten vorhanden. Die festen Exkremente enthalten durchschnittlich (Th. Weyl.): 3,75 pCt. Asche (66 pCt. Phosphate, 34 pCt. Alkalien), 1,55 pCt. N, 19,75 pCt. organische Stoffe, 75 pCt. Wasser, die flüssigen Exkremente dagegen 0,599 pCt. Phosphate, 1,285 pCt. Alkalien, 3,0 pCt. N, 1,856 pCt. organische Substanzen, 93,5 pCt. Wasser.

Die Menge der

tierischen Exkremente

läßt sich etwa folgendermaßen berechnen. Es liefert durchschnittlich täglich nach verschiedenen Angaben

ein	Pferd	14 kg	Gesamtexkremente,
„	Rind	35 „	„
„	Schwein	4 „	„
„	Schaf	2 „	„

Wenn man analoge Verhältnisse annimmt wie beim Menschen, was aber, da die Haustiere fast ausschließlich Pflanzenfresser sind, nicht ganz zutreffen dürfte, so würden etwa $^1/_{10}$ der Exkremente als Kot und $^9/_{10}$ als Harn ausgeschieden werden. Ein Stück Großvieh gibt nach v. Esmarch jährlich einschließlich Streu 14—15 cbm Mist, ein Stück Kleinvieh ungefähr im Verhältnis zu seinem Körpergewicht weniger. In kleinen Städten mit vorwiegender Landwirtschaft übertrifft die Gesamtmenge der tierischen Düngerstoffe die Menge der menschlichen Exkremente etwa um das Doppelte, in größeren Städten beträgt sie etwa ebensoviel.

Die chemische Zusammensetzung der tierischen Exkremente entspricht ungefähr derjenigen der menschlichen bei den von gemischter Kost oder Fleischnahrung

lebenden Tieren. Bei den reinen Pflanzenfressern enthält der Kot sehr erhebliche Mengen von Cellulose.

Die

Hausabwässer

bestehen aus den Abflüssen der Küchen und Waschküchen, dem Bade- und Waschwasser sowie dem Schmutzwasser der Treppen-, Flur- und Hofreinigung.

Die Menge der Haus- und Wirtschaftsabwässer ist je nach den örtlichen Verhältnissen außerordentlich verschieden. Sie ist in erster Linie von der Wasserzufuhr und der Lebensweise der Bevölkerung abhängig. In Städten mit zentraler Wasserversorgung und Kanalisation ist sie wesentlich größer als in solchen mit Einzelbrunnen. Für Orte ohne Wasserleitung rechnet man pro Kopf und Tag durchschnittlich etwa 30 Liter, für solche mit Wasserleitung 100—200 Liter. Für Kasernen werden für den Mann täglich 30—50, für das Pferd 50—70 Liter Wasserbedarf gerechnet (§ 60, 1 G. G.). In Lazaretten muß man den Wasserbedarf (Bäder) täglich auf mindestens 200 Liter pro Kopf festsetzen. Für Spülaborte allein werden etwa 5—10 Liter Wasser auf den Kopf und Tag verbraucht. Die Menge der Hausabwässer wechselt nach Jahreszeiten (im Sommer mehr als im Winter) und Tageszeiten (am Tage mehr als des Nachts, mittags am größten), sowie nach Tagen (Sonnabends und Montags größer als an den übrigen Wochentagen). Als Stundenmaximum sind pro Kopf etwa 10 Liter zu rechnen. Vgl. im übrigen den Abschnitt „Wasserversorgung".

Die Zusammensetzung der Hausabwässer ist ebenfalls nach der Lebensweise der Menschen, der Art ihrer Ernährung und ihrem Wasserverbrauch sehr wechselnd. Sie enthalten Abfälle von tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln, Fett, Salze und Seife, Sand und Schmutz. Außerdem nehmen sie aber auch stets Harn, ferner Lungenauswurf, Eiter, Blut und zuweilen auch nicht unbeträchtliche Mengen von Kot auf. Kot und Harn gelangen auch in Orten mit gesonderter Fäkalienabfuhr regelmäßig in die Kanäle, sei es beim Spülen der Nachtgeschirre oder durch den erfahrungsgemäß trotz polizeilichen Verbots niemals sicher zu verhindernden Anschluß der Senkgrubenüberläufe an die Kanalisation.

Ihrer Zusammensetzung nach enthalten die Hausabwässer mehr oder weniger reichliche Massen fäulnisfähiger organischer Substanzen. In den Küchenspülwässern finden sich ferner regelmäßig größere oder geringere Mengen von Fett.

Bezüglich der chemischen Zusammensetzung der Hauswässer macht Brix (nach Th. Weyl) folgende Angaben:

Es enthalten		Chlor	Organische Substanzen
Kochwasser	Kartoffeln, geschält	17,75 pM.	13,21 pM.
„	Spinat	7,89 „	9,9 „
„	Zuckerbohnen . . .	2,12 „	57,54 „
„	Kohlrabi	8,87 „	80,60 „
„	Blumenkohl . . .	24,85 „	15,23 „
Waschwasser	Weißzeug	1,0 „	3,86 „
Abwaschwasser von Treppe filtriert		3,5 „	1,67 „

Die

meteorischen Niederschläge

führen außer dem Luftstaub die von Dächern, Höfen und Straßen abgeschwemmten Schmutzstoffe mit sich. Sie nehmen infolgedessen eine große Menge von ungelösten anorganischen und organischen Stoffen, unter den letzteren namentlich aber auch Kot und Harn von Menschen und Tieren, in sich auf. Aus diesen Gründen sind sie ebenfalls zu den Abfallstoffen zu rechnen. Die Menge der abzuführenden Niederschlagswässer schwankt nach Oertlichkeit, Jahreszeit, Wetterlage, Untergrund und Versickerungsmöglichkeit. Unter gewöhnlichen Verhältnissen beträgt die durchschnittliche Maximalmenge der Regenwässer in Deutschland pro Stunde 45 mm Regenhöhe = 125 Liter pro Hektar und Sekunde (v. Esmarch).

Hiervon sind durch die Kanalisation abzuführen pro Hektar und Sekunde

bei sehr dichter Bebauung . . . . . ca. 100 Liter,
bei etwas weitläufiger Bebauung . . . . „ 75 „
in Villenvierteln . . . . . „ 50 „
in Gartenterrains, Parks etc. . . . . „ 12—25 „

Bei der Neueinrichtung von Entwässerungsanlagen müssen ferner berücksichtigt werden bei Berechnung der abzuführenden Regenmengen die Bevölkerungsdichtigkeit und das jährliche Anwachsen der Bevölkerung. Die Bevölkerungsdichtigkeit beträgt in Deutschland

in Großstädten . . . . . 6—800 Personen pro Hektar,
in gewöhnl. Stadtgebieten . 250—400 „ „ „
in Villenvierteln . . . . 100 „ „ „

Der durchschnittliche jährliche Bevölkerungszuwachs (1900—1905) stellte sich für

Großstädte . . . . . auf 2,70 pCt.,
Mittelstädte . . . . . „ 2,72 „
Kleinere Städte . . . . . „ 2,17 „
Kleine Orte . . . . . „ 0,72 „

der Bevölkerungszahl. (v. Esmarch.)

Nähere Angaben bezüglich der Menge, Verteilung usw. der atmosphärischen Niederschläge s. Bd. I, Abschnitt „Luft“.

Die

Abwässer aus gewerblichen Betrieben,

Fabriken, Schlachthäusern usw. sind je nach ihrer Herkunft hygienisch sehr verschieden zu bewerten. Während die häuslichen Abwässer trotz vieler Verschiedenheiten in ihrer Zusammensetzung im großen und ganzen immer noch eine gewisse Gleichartigkeit und Einheitlichkeit zeigen, weisen die gewerblichen Abwässer zahllose Verschiedenheiten in ihrer Zusammensetzung auf, welche an dieser Stelle zu erörtern zu weit führen würde, da sie kein militärisches Interesse haben.

In der Regel enthalten sie außerordentlich reichliche Mengen fäulnisfähiger organischer Stoffe. Besonders zu nennen sind die Abwässer der Zuckerfabriken, Knochen-, Leimsiedereien, Branntweinbrennereien, Stärkefabriken, Wollspinnereien und Färbereien. Die Schlachthofabwässer zeichnen sich durch einen außergewöhnlich hohen Gehalt an Fett aus.

Besonders hervorzuheben ist ferner bei den gewerblichen Abwässern noch, daß sie zuweilen sehr heiß sind. Sie müssen dann abgekühlt werden, damit sie den Kanälen nicht schaden. Oft reagieren sie stark sauer bzw. alkalisch. Infolge des Vorhandenseins von Farbstoffen können sie dem Gesamtabwasser eine für gewisse industrielle Betriebe charakteristische Färbung verleihen. Da sie starke Gifte enthalten können, wie Arsen-, Quecksilbersälze, Chlor, schweflige Säure usw., so können sie selbst in hohen Verdünnungsgraden eine bedeutende Gefahr für die Tier- und Pflanzenwelt der Gewässer bedeuten, in welche sie abgeleitet werden.

Die Menge der gewerblichen Abwässer wird je nach der Art des betr. Gewerbebetriebes sehr verschieden sein. Zahlen lassen sich hierfür auch nicht annähernd angeben. Die Mengen schwanken auch zeitlich bei gewissen Betrieben erheblich. So hat die Zuckerindustrie z. B. nur im Winter (November bis Januar) ihre sog. Kampagne. Die von Schlachthöfen produzierten Mengen der Abfallstoffe an tierischem Kot, Fett, Blut, Schmutz u. a. sind außerordentlich groß.

Die

Gesamtmenge

der zu beseitigenden Abfallstoffe erreicht recht erhebliche Werte. Nach Rubner (5) rechnet man pro 1000 Personen und Jahr:

Straßendünger	12	Tonnen
Straßenkehricht	199	„
Kanalisationsaushub	7,5	„
Abfälle, Asche, Schlacken . .	319	„

100 000 Menschen produzieren täglich allein etwa 90 kg Kot, 1200 kg Urin und bei Vorhandensein von Wasserleitung und Kanalisation etwa 10 000 cbm Abwasser.

Nach den im obigen angegebenen Werten würden auch gegebenenfalls die bei der Berechnung von Abort-, Abwasserbeseitigungsanlagen etc. in den Kasernen, Lazaretten usw. zugrunde zu legenden Größenverhältnisse abzumessen sein.

Die Abfallstoffe, insbesondere der Straßenkehricht und die menschlichen und tierischen Exkremente, besitzen z. T. wegen ihres beträchtlichen Gehaltes an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali-, sowie Kalksalzen einen erheblichen Wert als Dünger für die Landwirtschaft.

2. Kapitel.

Die hygienische Bedeutung und Würdigung der Abfallstoffe.

Die Abfallstoffe können in mehrfacher Beziehung Veranlassung zu gesundheitlichen Schädigungen geben.

Wie im vorigen Kapitel erörtert wurde, enthalten sämtliche Abfallstoffe in ziemlich reichlicher Menge zersetzungsfähige organische Bestandteile. Durch Fäulnis können diese Substanzen einmal gasförmige Verunreinigungen der Luft hervorrufen. Es kommen in dieser Beziehung in erster Linie in Frage Zersetzungsvorgänge bei offen an der Luft liegen bleibenden Abfallstoffen, Verunreinigungen der Bodenluft bei mit Abfallstoffen übersättigtem Boden und Eindringen dieser Bodenluft in die menschlichen Wohnungen (vgl. Abschnitt „Bauhygiene“ in diesem Band), schließlich die Bildung von Fäulnisgasen in Fäkalgruben etc.

Die bei der organischen Fäulnis entstehenden gasförmigen Produkte sind z. T., wie z. B. Schwefelwasserstoff und Kohlensäure, gegebenenfalls als giftige Gase anzusprechen. Nach Flügge (6) liefert 1 cbm Abtrittsjauche in 24 Stunden etwa 18 cbm Gase, darunter 5—6 cbm Kohlensäure, 2—3 cbm Ammoniak und 20 Liter Schwefelwasserstoff. Diese können bei unzweckmäßiger Lüftung der Aborte und Gruben in die Wohnungen eindringen, im allgemeinen sind sie jedoch auch hier infolge der beträchtlichen Verdünnung mit der atmosphärischen Luft ungefährlich. Bei fest überdeckten Gruben und nicht ventilierten Kanälen, aus welchen die Gase nicht entweichen können, erlebt man jedoch ab und zu auch heute noch immer Fälle von plötzlichen tödlichen Vergiftungen durch CO_2 und H_2S z. B. bei Arbeitern, welche ohne Vorsichtsmaßregeln bei der Reinigung der Gruben diese betreten. Im allgemeinen haben jedoch die bei der Zersetzung der organischen Abfallstoffe entstehenden übelriechenden gasförmigen Produkte außer der Geruchsbelästigung, die sie hervorrufen, keine besondere Be-

deutung. Durch die Verbreitung übler Gerüche können allerdings unter Umständen Ekelgefühl, Unbehagen, behinderte Luftaufnahme usw. hervorgerufen werden. Hierdurch dürften indes eigentliche ernste gesundheitliche Schädigungen kaum oder nur ganz ausnahmsweise bedingt werden.

Mit den Abfallstoffen gelangt eine große Menge fäulnisfähiger Stoffe in den Boden bzw. in das Grundwasser. In dem Boden findet eine Zersetzung dieser Substanzen durch Bakterienwirkung statt (Nitrobakterien — Schlösing, Winogradzky, Beijerinck). Wenn die erforderliche Feuchtigkeitsmenge und reichlich Sauerstoff vorhanden sind, so wird der organische Stickstoff durch Oxydation in salpetrige Säure und Salpetersäure (Nitrite und Nitrate) verwandelt und hierdurch unschädlich gemacht, ein Vorgang, der als „Nitrifikation" bezeichnet wird. Der organische Kohlenstoff wird gleichzeitig zu Kohlensäure oxydiert[1]).

Durch diese Mineralisierung der organischen Substanzen im Boden werden der Pflanzenwelt für ihren Aufbau wertvolle Dungstoffe zugeführt. Nach Berechnungen Rubners würden die Abfälle von 80 Menschen, auf 1 ha Land gebracht, vollauf ausreichen, um den Boden für eine landwirtschaftliche Ausnützung ausgiebig zu düngen. Da aber in Städten auf der genannten Bodenfläche 800 und mehr Menschen wohnen, so muß hier bei fast gänzlich mangelndem Pflanzenwachstum mit der Zeit eine beträchtliche Ueberdüngung des Bodens eintreten. Die Folge davon wird der Verlust der Selbstreinigungsfähigkeit und eine hochgradige Verschmutzung des Bodens sein.

Die bei weitem wichtigste hygienische Bedeutung gewinnen nun aber die Abfallstoffe selbst wegen ihres Gehaltes an Mikroorganismen. Außer einer großen Menge saprophytischer Bakterien, welche sich in den Abfallstoffen lebhaft vermehren und beim Vorhandensein der erforderlichen Feuchtigkeit oft hochgradige Zersetzungsvorgänge hervorrufen, beherbergen die Abfallstoffe häufig genug pathogene Keime. Sie vermitteln daher erfahrungsgemäß oft die Verbreitung von Infektionskrankheiten.

Bei der Art der Entstehung und Zusammensetzung der Abfallstoffe ist es erklärlich, daß gelegentlich wohl alle möglichen Infektionserreger in ihnen vorhanden sein können.

In dem Kehrricht finden sich oft Eitererreger, die pathogenen Staphylo- und Streptokokken, ferner werden aber auch gelegentlich Tuberkel- und Diphtheriebazillen sowie Pneumoniekokken in dem aus den Zimmern zusammengekehrten Schmutz und Staub vorhanden sein. Die Darmentleerungen beherbergen nicht nur bei den betr. Kranken, sondern auch bei den sogenannten gesunden Keimträgern und teilweise auch Dauerausscheidern die Krankheitskeime bei Cholera, Typhus, Paratyphus und Ruhr. Typhus- und Paratyphusbazillen werden auch durch den

1) Im übrigen s. Abschnitt „Boden" in diesem Band.

Harn oft geradezu in Reinkultur ausgeschieden. Mit dem Auswurf gelangen ferner die Erreger der Tuberkulose, Diphtherie und Genickstarre in die Brauchwässer. Mit tierischen Abfallstoffen können Tierkrankheiten, die auch gleichzeitig für den Menschen infektiös sind, wie Milzbrand, Rotz und malignes Oedem verbreitet werden.

Die Lebensfähigkeit der Krankheitserreger in den Abfallstoffen ist außerordentlich verschieden. Während einige Arten, z. B. die Genickstarreerreger, in der Außenwelt sehr schnell zu Grunde gehen, halten sich andere, besonders die Sporenbildner, wie Milzbrand usw., ferner aber auch die Erreger der infektiösen Darmerkrankungen, wie Typhus, Paratyphus, Cholera oft sehr lange lebensfähig.

Namentlich wird letzteres der Fall sein, wenn sie innerhalb sog. Nahrungszentren, wie Kotteilchen, Schleimflocken, gegenüber äußeren Schädigungen geschützt sind. Hier wird unter Umständen sogar noch eine begrenzte Vermehrung möglich sein. Näheres hierüber siehe in den Abschnitten Boden, Wasser und Epidemiologie.

Infektionen seitens der Abfallstoffe können nun entweder unmittelbar durch sog. Kontakt oder mittelbar dadurch erfolgen, daß die infizierten Abfallstoffe z. B. durch Abwässer in Flußläufe, Brunnen, auf Nahrungsmittel usw. gelangen.

Ueber die Einleitung der Abwässer in die öffentlichen Gewässer s. 6. Kapitel.

Wegen der von den Abfallstoffen unter Umständen zu befürchtenden mannigfachen Infektionsgefahren und wegen der durch ihre Zersetzung bei längerer Lagerung zu erwartenden Belästigungen ist es vom rein hygienischen Standpunkt aus erforderlich, sie sämtlich so schnell als möglich aus dem Bereich der menschlichen Wohnungen fortzuschaffen und unschädlich zu beseitigen. Da die Abfallstoffe z. T. für die Landwirtschaft als Dünger erheblichen Wert haben, wird man, soweit sich solches mit den rein sanitären Gesichtspunkten in Einklang bringen läßt, ihre landwirtschaftliche Verwertung berücksichtigen können. In erster Linie muß jedoch bei allen Maßnahmen der Beseitigung der Abfallstoffe stets das hygienische Interesse maßgebend sein, letzteres um so mehr, als heute der Landwirtschaft künstliche Düngemittel genügend und preiswert zur Verfügung stehen.

Nach dem Gesagten wird eine geordnete Beseitigung der Abfallstoffe hauptsächlich auf folgende Punkte Rücksicht zu nehmen haben.

1. Möglichst schnelle und vollständige Entfernung der Abfallstoffe aus den menschlichen Wohnungen und ihrer unmittelbaren Umgebung ev. nach Unschädlichmachung etwa in ihnen vorhandener Infektionserreger. Bei der Entfernung müssen entsprechende Vor-

kehrungen gegen Verbreitung übler Gerüche, Verstauben usw. getroffen werden.

2. Die Behandlung und Unterbringung der aus den menschlichen Wohnungen entfernten Abfallstoffe muß derartig sein, daß diese nicht unverändert auf die Erdoberfläche, in den Erdboden, das Grundwasser oder öffentliche Wasserläufe oder sonst an Stellen gelangen, von denen aus Infektionsmöglichkeiten in größerem Maßstabe gegeben sind. Die Uebergabe der Abfallstoffe an den Boden, die Wasserläufe etc. muß so geschehen, daß durch geeignete Vorbehandlung sowohl Infektionsgefahren als schließlich auch Geruchs- und andere Belästigungen nach Möglichkeit vermieden werden.

3. Die Beseitigung der Abfallstoffe verursacht den betr. Gemeinden, Verwaltungen usw. in der Regel hohe Kosten. Bei gleicher Leistung wird man daher auch auf die Billigkeit des Beseitigungsverfahrens besonders auch unter Berücksichtigung der militärischen Verhältnisse Bedacht nehmen müssen, desgl. aus demselben Grunde auf die Möglichkeit der weiteren Verwertung der Abfallstoffe, sei es zu landwirtschaftlichen oder industriellen Zwecken.

Auf den soeben besprochenen Grundsätzen bauen sich die

verschiedenen Verfahren der Beseitigung der Abfallstoffe

auf, welche in den folgenden Kapiteln besprochen werden. Die besonderen Bestimmungen für die Beseitigung der Abfallstoffe in militärischen Gebäuden usw. sowie die wichtigeren diesbezüglichen sanitätspolizeilichen Vorschriften der Zivilbehörden werden hierbei Erwähnung finden.

3. Kapitel.

Die Beseitigung des Mülls.

Man hat auseinanderzuhalten die Sammlung und die Abfuhr sowie die Verwertung des Mülls.

Für die Reinlichkeit in den Mannschaftsstuben etc., Ausfegen des Kehrichts usw. hat zunächst der täglich bestimmte Mann vom Tagesdienst zu sorgen. Zu seinen Dienstobliegenheiten gehört im besonderen auch das Hinausschaffen des Mülls und der Asche an die dazu bestimmten Orte. (Beil. 5, 5. G. V. O.) Die tägliche Reinigung der Treppen und Gänge und die an einem bestimmten Tage in jeder Woche stattfindende allgemeine Reinigung des ganzen Reviers der Kompagnie etc. finden durch besonders hierzu bestimmte Mannschaften statt. (Beil. 5, 7 G. V. O.)

Um die Ansammlung unnötig großer Mengen von Kehricht in den Kasernenstuben zu verhüten, ist ferner das Zerkleinern von Feuerungsmaterial auf den Stuben verboten. (Beil. 5, 16 G. V. O.) Pfeifen- oder Zigarrenasche, Zigarrenreste und benutzte Streichhölzer etc. müssen in die Spucknäpfe geworfen werden. (Beil. 5, 18 G. V. O.). Es ist ferner der ordnungsgemäßen Unterbringung und Beseitigung des Mülls wegen nicht gestattet, Kehricht oder Asche in das im Stubeneimer befindliche Schmutzwasser zu

werfen, hierfür sind lediglich die Müllgruben bezw. Aschebehälter zu benutzen. Desgleichen müssen Speisereste in besonders dazu bestimmten Gefäßen gesammelt werden, und geleerte Speisenäpfe dürfen nur an den Pumpen gespült werden. (Beil. 5, 20 G. V. O.)

Bezüglich der Entfernung des Kehrichts in den Lazaretten bestimmt § 142, 2b F. S. O., daß die Fußböden der Flure und Treppen der Lazarettgebäude täglich nach gehöriger Befeuchtung zu fegen und aufzuwischen sind. Im Sommer sollen sie außerdem alle 8, im Winter alle 14 Tage einmal mit Wasser und Seife gescheuert werden.. Nach § 142, 2 d ist für zweckmäßige Beseitigung der Küchenabfälle, des Inhaltes der Aschgruben, der Müllbehälter Sorge zu tragen. Für das Ausklopfen der Decken, der Kopf- und Leibmatratzen, das Ausbürsten der Drahtmatratzen und andere Arbeiten, welche Staub erzeugen, ist ein möglichst entlegener Teil der Lazarettanlage anzuweisen, welcher von den Kranken bzw. Genesenden nicht betreten wird.

Die Sammlung des Mülls einschließlich der Asche, wird in a) transportablen eisernen Behältern (etwa 100—200 Liter Inhalt) oder in b) feststehenden, wasserundurchlässigen und feuersicheren größeren gemauerten oder eisernen Kästen vorgenommen. Die Müllbehälter, -Kästen und -Gruben müssen mit gut schließenden Deckeln versehen sein und sich gut reinigen lassen.

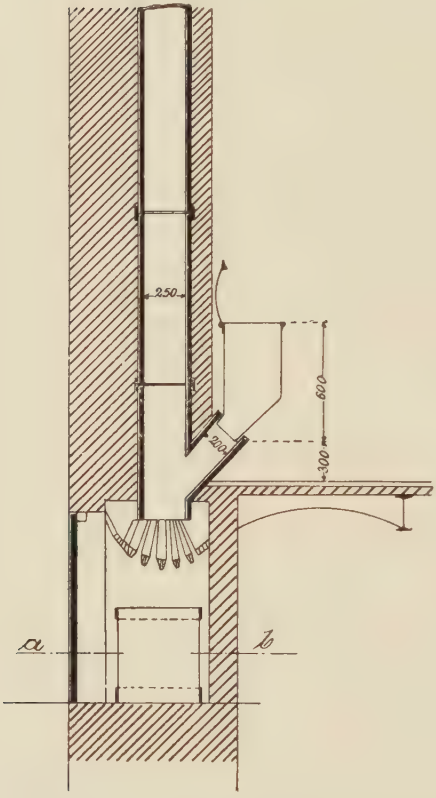
Auf den Kasernenhöfen und in sonstigen militärischen Gebäuden verwendet man z. Z. als Sammelbehälter für den Hauskehricht und die Asche fast ausnahmslos feststehende, als Monierbau (Eisengerippe mit Zementfüllung) aufgeführte, außen und innen glatt geputzte viereckige Kästen mit eisernem Deckel und einer eisernen Tür in einer der seitlichen Wände. Letztere dient zur gründlichen Entleerung und Reinigung der Kästen.

Nach § 62,8 G.G. sollen Müll- und Aschgruben nach Bedarf an geeigneten Stellen in der Nähe der Wohngebäude angelegt und so eingerichtet werden, daß eine gründliche Reinigung in einfacher Weise erfolgen kann. Die beschriebenen zementierten Kästen entsprechen allen hygienischen Anforderungen.

Bei der Anlage der Müllgruben und Aschkästen wird in erster Linie die Nähe von Fenstern zu vermeiden sein, um Staubbelästigungen zu verhüten. Letzteres läßt sich zuweilen durch Anpflanzen von Buschwerk in der Umgebung der Müllgruben erreichen.

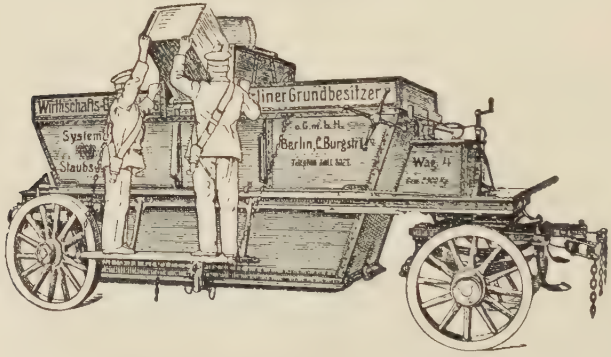
Die Müllgruben dürfen nicht zu groß angelegt sein; sie müssen solche Größenabmessungen besitzen, daß ihre Entleerung etwa alle 14 Tage erfolgen muß, um eine stärkere Fäulnis des Mülls zu vermeiden. Es empfiehlt sich, zwei getrennte Gruben anzulegen oder Kästen aufzustellen, um die mineralischen Bestandteile (Asche, Brennstoffe) und die organischen Abfallstoffe (Küchenabfälle) möglichst von einander getrennt sammeln zu können. Auf Kasernenhöfen ist gleichfalls die Aufstellung von besonderen undurchlässigen Behältern (Tonnen mit einem Oelfarbanstrich) für die Speisereste wünschenswert, um die Entstehung von Schmutzwinkeln zu vermeiden. Diese Behälter müssen auf besonderer

Abbildung 148.



Müllschlot (nach Prausnitz-Atlas).
Die Ansammlung des Mülls erfolgt in Kästen, welche in einem besonderen Kellerraum aufgestellt sind.

Abbildung 149.



Müllwagen „System Staubschutz"-Berlin.

erhöhter Unterlage freistehend so angelegt werden, daß sie möglichst leicht erreichbar sind.

Zuweilen hat man die Müllkästen von den Höfen in die Keller der Häuser verlegt und leitet durch sog. „Müllschlote" von den Wohnungen das Müll direkt in die Kästen ein (Abb. 148). Das Verfahren bedeutet immerhin eine gewisse hygienische Vervollkommnung, doch ist infolge sehr schwieriger Abdichtung der Schlote ein Eindringen von Zersetzungsgasen faulender Stoffe in die Wohnung nicht immer sicher zu vermeiden.

Die Abfuhr des Mülls erfolgt entweder durch Verladen aus den festen Müllgruben und -Kästen in offene oder verdeckte Wagen, oder die beweglichen Müllbehälter werden geschlossen abgefahren und gegen neue umgewechselt. Bei der Abfuhr des Mülls wird besonders darauf zu achten sein, daß die Entleerung der Aschkästen und Müllgruben regelmäßig und ohne unnötiges Verstauben geschieht. Während der Entleerung der Müllgruben wird man unter Umständen zur Erreichung möglichster Staubfreiheit eine Anfeuchtung des Mülls vornehmen müssen.

In militärischen Gebäuden wird die Müllabfuhr allgemein für Rechnung des Garnisonverwaltungsfonds durch besondere Unternehmer nach Bedarf bewirkt, an welche die Arbeit und Abfuhr in der Regel zusammen vergeben wird. (§ 36 G.V.O., § 225,2 F.S.O.)

Geschlossene transportable Müllbehälter werden entweder von offenen Müllwagen abgefahren, oder sie werden in verdeckte Wagen hinein entleert, welche ein Einschütten des trockenen Mülls ohne nennenswerte Verstäubung zulassen.

Die Abbildung 149 stellt einen Müllabfuhr-Wagen „System Staubschutz" der Wirtschaftsgenossenschaft Berliner Grundbesitzer dar. Das Einfüllen des Mülls erfolgt durch eine oben seitlich am Wagen befindliche sich automatisch schließende Klappe. Die Entleerung des Wagens geschieht durch eine Klappvorrichtung an seinem Boden. Sein Gewicht beträgt 2900 kg.

Die Verwertung des Mülls ist auch heute trotz entschiedener Fortschritte auf diesem Gebiete eine noch oft schwer zu lösende Frage. Der Dungwert des Gesamtmülls ist nur verhältnismäßig gering. Trotzdem kann das Müll Verwendung in der Landwirtschaft finden, und es wird vielfach gern genommen zur Düngung sog. saurer Wiesen (wegen seines hohen Alkaligehaltes) oder zum Aufschütten niederen Geländes. Besonders eignet es sich auch zur Düngung von trockenem Sandboden, der infolge der Müllbeigabe an Wasserundurchlässigkeit gewinnt und hierdurch wesentlich verbessert werden kann (Thiesing (7) u. a.). Das Müll, welches nach der Abfuhr nicht sofort durch Verarbeitung oder Kompostierung in Gruben beseitigt werden

kann, wird vielfach auf Müllabladeplätzen aufgestapelt. Bei längerer lockerer Lagerung nimmt es allmählich den Charakter und das Aussehen von dunkler Gartenerde an und eignet sich nach Versuchen von Röhrecke (9) recht gut zum Bepflanzen mit Nutzpflanzen. Die Müllplätze dürfen nicht in der unmittelbaren Nähe von menschlichen Wohnungen, öffentlichen Straßen und Wasserläufen, besonders Wasserentnahmestellen gelegen und müssen gegen Hochwasser geschützt sein. Im hygienischen Interesse ist das Durchwühlen des Mülls auf diesen Plätzen nach noch verwertbaren Abfällen aller Art (Metall usw.) zu beanstanden, da auf diese Weise in dem Müll etwa vorhandene Infektionserreger verschleppt werden können. Da durch Verwehung des Müllstaubes eine unangenehme Belästigung der Umgebung solcher Plätze zu befürchten ist, so ist es empfehlenswert, das abgeladene Müll möglichst sofort unterzupflügen oder mit einer Erdschicht zu bedecken. Bezüglich der Fürsorge für die auf dem Müllabladeplatz beschäftigten Arbeiter ist hervorzuheben, daß diesen besondere waschbare Arbeitsanzüge, reichliche Waschgelegenheit und einwandsfreies Trinkwasser zur Verfügung zu stellen sind. Durch baldiges Bepflanzen des abgelagerten Mülls lassen sich die unhygienischen Uebelstände solcher Abladestellen am schnellsten beseitigen. Bekannt ist in dieser Beziehung der auf diese Weise in einen Park verwandelte sog. „Scherbelberg" der Stadt Leipzig[1]).

Eine Neuerung auf dem Gebiete der städtischen Müllbeseitigung bedeutet entschieden das unter ländlichen Verhältnissen bereits seit langem geübte Verfahren der Dreiteilung des Mülls, wie es seit einigen Jahren mit gutem hygienischen, vorläufig allerdings noch wenig befriedigendem wirtschaftlichen Erfolg z. B. in der Stadt Charlottenburg durchgeführt wird.

Bereits in den Küchen der einzelnen Haushaltungen wird das Müll vom Küchenpersonal in der Weise gesondert, daß Asche, Speisereste und verwertbare Sperrstoffe (Scherben, Lumpen, Papier, Konservenbüchsen usw.) in je einem gesonderten Blechgefäß bzw. Beutel (Sperrstoffe) getrennt gesammelt werden. Diese Trennung durch das Hauspersonal im Wirtschaftsbetrieb läßt sich mit einigem guten Willen ohne Schwierigkeiten durchführen. Die Asche wird zur Auffüllung von Gelände benutzt. Die Sperrstoffe werden entstaubt, sortiert und dann im großen zur weiteren industriellen Verwertung verkauft, die Speisereste und Küchenabfälle zum Betrieb einer Schweinezüchterei verwandt.

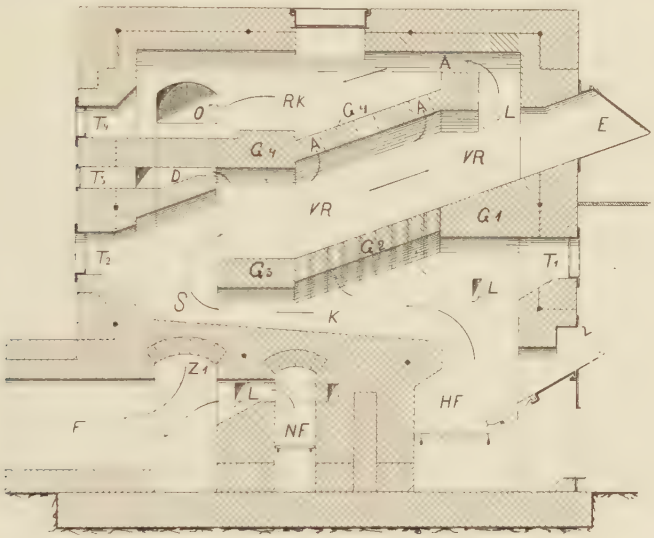
Das Verfahren ist hygienisch einwandfrei, stapelt das Müll nicht nur nicht auf, sondern beseitigt es auch wirklich und hat schließlich die begründete Aussicht, die durch die Müllbeseitigung entstehenden Kosten mit der Zeit selbst zu decken. Eine Teilung des Hausmülls

1) Vgl. Seite 20 in diesem Bande.

findet in Kasernen schon seit längerem bis zu einem gewissen Grade dadurch statt, daß die Speisereste in besonderen Behältern gesammelt werden. (Beil. 5, 20 G.V.O.)

Die vom rein hygienischen Standpunkt entschieden am meisten vorzuziehende Methode der Beseitigung des Mülls ist seine Verbrennung. Das Müll läßt sich infolge seines Gehaltes an brennbaren Stoffen meist nach geringem Kohlezusatz verbrennen. Von der Verbrennung im eigenen Haushalt wird gewöhnlich nur selten Gebrauch gemacht, obgleich sich diese Beseitigungsart bei genügend großen Feuerungsanlagen z. B. Zentralheizungen unter Umständen anwenden läßt. Gewöhnlich erfolgt die

Abbildung 150.



Müllverbrennungsofen nach H. Kori-Berlin.

Müllverbrennung, wo sie überhaupt durchgeführt wird, in besonders zu diesem Zweck konstruierten Müll- bzw. Kehrichtverbrennungsöfen. Die bei der Verbrennung entstehenden Gase werden durch besondere Einrichtungen entweder in einem Chamottegewölbe oder mittels Durchsaugen durch ein Koksfeuer (Fuchs) noch durch Verbrennen unschädlich gemacht (System Horsfall bzw. Fryer, Herbertz u. a.) Die bei der Verbrennung entstehende überschüssige Wärme wird einmal zum Trocknen des auf die Verbrennungsroste herabrutschenden Mülls, dann aber zur Erzeugung von Elektrizität usw. benützt.

Die Abbildung 150 stellt einen Müll-Verbrennungsofen der Firma H. Kori-Berlin dar, in welchem ganz bedeutende Mengen von Abfällen verschiedener Art — Verbandstoffe, Fleischteile, Müll — schnell vernichtet werden können. Die Abfälle gelangen durch den Einwurf E in den geneigten nach unten

erweiterten Verbrennungsraum VR, dessen Sohle aus dem durchbrochenen Gewölbe G gebildet wird. Die Flamme schlägt zum Teil durch das Gewölbe G, größtenteils jedoch durch den Kanal K und den Schacht S nach dem Verbrennungsraum VR bzw. zieht über die dort liegenden Abfälle hin. Durch die Düsen D und die Oberluftzüge L wird der Flamme sekundäre hocherhitzte Luft zugeführt und für vollständige Verbrennung gesorgt. Die Rauchgase werden durch die Oeffnungen A in die Rauchkammer RK und von hier durch die senkrechten Züge O in den Fuchs F geführt, wo durch eine Nebenfeuerung NF eine nochmalige geruchlose Verbrennung der abziehenden Gase erfolgt. Diese Oefen werden für verschiedene Zwecke mit einem Fassungsraum bis zu etwa 2 cbm erbaut.

Solche Müllverbrennungsöfen eignen sich besonders auch für Kasernen und Lazarette. U. a. sind mit einem solchen Verbrennungsofen ausgestattet die Kaserne des Luftschifferbataillons in Tegel sowie die Garnisonlazarette Dresden, München, Würzburg und das Marinelazarett Wick-Kiel.

Bei der Verbrennung des Mülls entstehen als Nebenprodukt Schlacken (etwa 40 Volumprozent), welche sich zum Aufschütten von Wegen eignen.

Die Verbrennung des Mülls ist nach Thiesing nicht billiger, sondern teurer als seine landwirtschaftliche bzw. industrielle Verwertung. Bei in Berlin angestellten Müllverbrennungsversuchen betrugen die Kosten für die Verbrennung von 1 t unbehandeltem Müll 3,40 M., von ebensoviel aschefreiem Müll 2,14 M. und nach Entfernung der unverbrennlichen Asche 2,10 M.

Der Straßenkehricht wird ebenso wie der Hauskehricht unter möglichster Staubvermeidung (Straßenbesprengung!) zusammengefegt, in geschlossenen Kastenwagen abgefahren und so bis zum Verbrauch als Dünger allein oder mit Hausmüll zusammen auf Lagerplätzen kompostiert. Als Dünger ist er wegen seines Gehaltes an Pferdemist sehr geschätzt. In Großstädten verwendet man ihn vielfach im Winter als Decke und Humusschicht für die Rasenplätze.

4. Kapitel.

Die Beseitigung der Fäkalien und des Harns.

Die festen und flüssigen menschlichen Exkremente werden in den Aborten und Urinieranstalten abgesetzt.

Die für die Einrichtung dieser Anlagen in militärischen Gebäuden usw. gültigen Bestimmungen (§§ 16, 1, 2, 3 u. 4; 25, 6; 45, 3, 62, 1—7 G.G.; § 36, 2 G.V.O., Beil. 5, 20 G.V.O.; §§ 141, 142, 2c, e, 225, 2; Beil. 11, §§ 18, 19, 20 F.S.O.) lassen sich kurz folgendermaßen zusammenfassen.

Die Anlage der Aborte erfolgt unter Berücksichtigung allgemeiner gesundheitlicher und besonderer ortspolizeilicher Vorschriften entweder innerhalb der Gebäude oder freistehend in besonderen Bauten.

Anzustreben ist auf jeden Fall die Einrichtung von Spülaborten mit Anschluß an die bestehende Kanalisation. Ist letzteres nicht möglich, so sind bei vorhandener Wasserleitung freistehende, eiserne, wasserdichte Sammelbehälter (sog. Kottrommeln) mit beschränkter Wasserspülung und pneumatischer Entleerung vorzusehen. Muß die Wasserspülung auch fortfallen, dann ist für Massenaborte die Einrichtung von Tonnenwagenanlagen wünschenswert, für Einzelaborte sind Nacht-

stühle bzw. Kübel, erforderlichenfalls mit Torfmullstreuung etc., einzurichten. Für Pissoire kommen Oelverschlüsse und glatte Wände mit Oelbehandlung usw. in Betracht. —

Massenaborte innerhalb der Gebäude sind nach den zur Zeit geltenden Bestimmungen nicht zulässig. Ihre Einrichtung würde jedoch überall da, wo Wasserspülung und unterirdische Ableitung der Fäkalien vorhanden sind, hygienisch unbedenklich und wünschenswert erscheinen. In den Kasernengebäuden selbst sind Einzelaborte für kasernierte Offiziere und obere Beamte, verheiratete Unteroffiziere usw., für die Revierkranken (in der Nähe der Revierkrankenstube), für die Offizierspeiseanstalt (mit Pissoir), in der Nähe der Geschäftszimmer und erforderlichenfalls der Wachen vorgesehen. Die Aborte müssen unmittelbar von außen beleuchtet und lüftbar sein.

Die Mannschaftsaborte (Massenaborte) außerhalb der Gebäude sind so anzulegen, daß sie bequem zu erreichen und nicht zu weit von den Mannschaftswohn- und Wirtschaftsgebäuden, aber mindestens 12 Meter von den Fenstern bewohnter oder dauernd benutzter Räume entfernt sind. Für je 20 Gemeine ist ein offener Sitz mit Trennwänden zwischen den Sitzen und für die unverheirateten Unteroffiziere jeder Kompagnie etc. 1—2 verschließbare Sitze vorgesehen. In Verbindung mit den Aborten sind besondere Urinieranstalten (Standräume) von 1 m Wandlänge für je 20 Mann (Unteroffiziere und Gemeine) zu rechnen.

Außer den auf den Höfen vorhandenen Massenaborten finden sich noch besondere ausschließlich für den Gebrauch in der Nacht bestimmte sogen. Nachtaborte nebst Pissoir für die Mannschaften in Kasernen, wo Wasserspülung zulässig. Sind Nachtaborte wegen mangelnder Wasserspülung nicht anzulegen, so erhält jede Kompagnie etc. eine Anzahl von Uriniereimern, die im Bereiche ihres Reviers des Nachts aufgestellt und am Tage an einem besonderen Orte gereinigt aufbewahrt werden. Auch die Pferdeställe der berittenen Truppen können besondere Nachtaborte mit Urinierraum erhalten, wenn die Mannschaftsaborte auf den Kasernenhöfen wegen zu großer Entfernung schlecht zu erreichen sind (§ 45, 3 G.G.).

Für die Entleerung und Reinigung der innerhalb der Gebäude aufgestellten Nachtstühle und Klosetts — mit Ausnahme der für kasernierte Offiziere und für Wachen, sowie für Dienstwohnungsinhaber bei mangelnder Wasserspülung — haben die Inhaber derjenigen Wohnungen zu sorgen, zu welchen die Klosetts gehören. Im übrigen wird die Entleerung der Aborte etc. allgemein für Rechnung des Garnisonverwaltungsfonds nach Bedarf bewirkt. Die Reinhaltung der Sitze, Urinierräume und Vorflure etc. in den allgemeinen Aborten erfolgt durch die Kasernenwärter, desgleichen das Austragen der Klosetts für kasernierte Offiziere und Dienstwohnungsinhaber bei fehlender Wasserspülung, sowie der in den Wachen etwa aufgestellten Uriniereimer und Nachtstühle. Die Entleerung der während der Nachtzeit in den Flurgängen der Kasernen aufzustellenden Uriniereimer ist Sache der Truppen (G.V.O.).

Für die Abort pp.-Anlagen in den Lazaretten gilt folgendes (Beil. 11. F.S.O.).

Maßgebend für die allgemeine Anordnung der Latrinen ist, daß diese, ohne mit den Hauptfluren in unmittelbarer Verbindung zu stehen, von den Krankenstuben bequem zu erreichen sind, und daß eine ausreichende Beleuchtung und vollständige Durchlüftung ohne Nachteile für die angrenzenden Kranken- bezw. Wohnstuben erfolgen kann. Zu diesem Zwecke empfiehlt sich der Anschluß der Latrinenräume an den Hauptflur mittelst ausreichend erhellten und lüftbaren Zwischenflurs. Bei Bemessung des Bedarfs wird in der Regel auf je 10 Kranke 1 Sitz und auf je 20 Kranke 1 Urinierbecken gerechnet. Jede gemeinschaftliche Latrine muß jedoch mindestens 1 Urinierbecken und außerdem 1 Spülbecken für die Nachtgeschirre usw. erhalten. Die einzelnen Sitzräume werden durch Holzverschläge von einander abgeschieden und erhalten Türen mit Drückerverschluß ohne Schließschloß und Nachtriegel. Die Latrinensitze und Trennwände werden mit Oelfarbenanstrich versehen (Beil. 11. § 18. F.S.O.).

Auch bei den Lazarettlatrinen ist tunlichst Wasserspülung und Kanalisationsanschluß mit Abführung der Fäkalien anzustreben. Wo auf Wasserspülung verzichtet werden, und eine Abfuhr der Fäkalien eintreten muß, ist die Anlage gemauerter Gruben zu ihrer Aufnahme grundsätzlich auszuschließen. In der Regel ist dann das Tonnensystem unter weitester Berücksichtigung guter Lüftung und peinlichster Sauberkeit der Abortanlagen in Anwendung zu bringen,

wobei auch die Benutzung von Tonnenwagen (Kesselwagen) zulässig ist, wenn jeder Abortsitz ein besonderes, vom Sitz bis zum Kessel reichendes, durchweg senkrechtes Abfallrohr erhalten kann, und wenn bei mehrgeschossigen Latrinen für jedes Geschoß besondere Tonnenwagen in getrennten Räumen mit getrennter Lüftungseinrichtung aufgestellt werden können (Beil. 11. § 19. F.S.O.).

Die Anwendung sogen. Kottrommeln (Straßburger System) mit pneumatischer Entleerung und beschränkter Wasserspülung ist in der F.S.O. noch nicht berücksichtigt. Es dürfte jedoch nicht zweifelhaft sein, daß dieselben bei der zu erwartenden Neubearbeitung der F.S.O. in Analogie mit der G.G. ebenfalls Berücksichtigung finden werden[1]).

Bei der Einrichtung der Urinieranlagen ist darauf zu achten, daß eine Zersetzung des an den Wänden der Pissoire haftenden Urins möglichst vermieden wird. Bei vorhandener Wasserleitung sind Vorkehrungen zur zeitweisen Spülung zu treffen, wobei die Anbringung von Porzellan-Schnabelbecken mit Siphonverschluß und im Boden der Anlage ebenfalls Geruchsverschlüsse empfohlen werden (Beil. 11. § 20. F.S.O.).

Die Ausleerung der Latrinen einschließlich der Abfuhr wird in der Regel auf Grund öffentlicher Ausbietung an einen Unternehmer vergeben, sofern sich nicht freiwillige Abnehmer finden, welche sie unentgeltlich oder gegen Zahlung einer Pacht übernehmen (§ 225, 2. F.S.O.).

Für eine zweckmäßige Beseitigung des Inhalts der Latrinen ist Sorge zu tragen. Bestehen in alten Lazaretten noch Senkgruben, so hat ihre Entleerung pneumatisch zu erfolgen, und zwar möglichst des Nachts, damit die Bewohner des Lazaretts nicht belästigt werden. Nach gründlicher Entleerung solcher Gruben sind ihre Wände auf schadhafte Stellen zu prüfen, die sofort zu beseitigen sind.

Das Wasser aus Brunnen in unmittelbarer Nähe dieser Gruben darf als Trinkwasser keine Verwendung finden (§ 142, 2d, e. F.S.O.).

A. Fäkalien.

Man unterscheidet zwischen Abfuhrsystemen und den verschiedenen Kanalisationssystemen.

Abfuhr der Fäkalien.

a) Das Grubensystem.

Die Fäkalien gelangen direkt von dem über der Grube errichteten Abortsitz aus oder durch ein Fallrohr in diese hinein.

Die Grube ist meist in der Nähe des Hauses, jedoch mindestens 10 m vom Brunnen entfernt gelegen. Die Wände und der Boden der Grube bestehen aus Mauerwerk mit gut zementierten Innenflächen oder in Asphalt vermauerten Steinen und sollen vollkommen wasserundurchlässig sein. Häufig füttert man die Grube außen, um letzteres sicherer zu erreichen, noch mit einer 25—30 cm dicken Schicht von Lehm- oder Tonschlag, oder man führt doppelte Wände in Mauerwerk auf, deren Zwischenraum mit einer Tonschicht ausgefüllt wird. Diese Vorsichtsmaßregeln sind erforderlich, da selbst guter Zement durch das kohlensaure Ammonium der Grubenjauche mit der Zeit angegriffen, und die Grube auf diese Weise undicht wird. Der Boden der Grube

1) Vergl. Villaret-Paalzow, Sanitätsdienst und Gesundheitspflege im deutschen Heere. S. 194 u. 462.

besitzt häufig nach einer Seite oder nach der Mitte zu geringes Gefälle zu einem kleinen Schlammbrunnen.

Von den Fundamenten der Häuser muß die Grube ebenfalls durch wasserdichte Wandungen abgetrennt sein. Die Abdeckung der Grube erfolgt zur Erzielung möglichster Geruchslosigkeit luftdicht entweder durch Ueberwölbung mit Mannloch ev. Oeffnung für Entleerungsschlauch oder gut passenden Eisendeckel bezw. gespundeten Bohlenbelag. Beide werden häufig durch Ueberdeckung mit einer Erd- oder Lehmschicht von 0,20—0,30 m Höhe abgeschlossen. Die Gruben haben gewöhnlich eine Größe entsprechend einem Inhalt von 1—5 cbm. Größere Gruben sind wegen der schwierigen Entleerung weniger empfehlenswert.

Bei der Größenabmessung der Gruben rechnet man bei halbjährlicher Entleerung auf den Kopf etwa $^1/_3$ cbm Grubenraum. Werden Spülklosetts in die Grube entleert, so sind auf die Klosettspülung bei halbjährlicher Entleerung etwa 1 cbm (täglich pro Kopf mindestens 6 Liter), bei Einleitung von Hausabwässern in derselben Zeit etwa 5.5 cbm (täglich 30 Liter) Fassungsraum hinzuzurechnen.

Da derartig fassungsfähige Gruben, ganz abgesehen von der Schwierigkeit ihrer Reinigung, wegen ihrer Größe zu viel Platz wegnehmen würden, so verbietet sich bei bestehendem Abfuhrsystem die Einleitung der Hausabwässer in Fäkalgruben von selbst.

Als Fallrohre für die Gruben verwendet man undurchlässige emaillierte Eisen- oder gebrannte und glasierte Tonrohre. Wichtig ist jedenfalls, daß die Innenfläche der Rohre glatt ist, um das Herabrutschen des Kotes zu begünstigen. Holzrohre, wie man sie hier und da in alten Klosettanlagen noch findet, sind wegen der bald eintretenden Fäulnis des Holzes nicht empfehlenswert. Die Fallrohre haben eine lichte Weite von etwa 25 cm, bei Wasserspülung von 15 cm. Der Fallwinkel der Hauptrohre ist am besten senkrecht, etwa angeschlossener Seitenrohre höchstens 25—28° zur Senkrechten geneigt. Bei der Verlegung der Rohre ist auf Frostsicherheit Bedacht zu nehmen, um im Winter ihr Einfrieren zu verhüten. Die Hinterwand der auf den Fallrohren befindlichen Sitztrichter ist vertikal, etwas nach hinten zurückweichend, die Vorderwand stark nach hinten geneigt konstruiert. Die Sitztrichter sind stets mit einem gut schließenden Deckel zu versehen.

Sehr wichtig ist in hygienischer Beziehung eine gute Ventilation der Gruben und Aborträume, um das Eindringen von Grubengasen in das Haus zu verhüten. Die Fallrohre endigen häufig gerade und frei in der Grube. Um ein Rückströmen von Gasen aus der Grube selbst durch die Fallrohre nach dem Klosettraum hin nach Möglichkeit zu verhindern, kann man sogen. Kotverschlüsse an den Fallrohren anbringen.

Letzteres geschieht entweder durch siphonartiges Umbiegen des unteren Endes des Rohres (Abb. 155) oder durch Herabführen des Rohres bis in die Nähe des Bodens der Grube.

Um die in den Fallrohren selbst aufsteigenden Grubengase zu entfernen, ist es erforderlich, die Fallrohre ohne Verengung des Querschnittes nach oben bis über den First des Daches hinaus zu führen und unter Umständen zur Verstärkung der Ventilationswirkung mit einem Sauger zu versehen. (Vergl. den Abschnitt Lüftung.) Man sucht die Ventilation des Fallrohres zuweilen noch dadurch weiter zu sichern, daß man es, wenn möglich, an einem wärmenden Schornstein in die Höhe führt. Da letzteres indes wegen der meist peripheren Lage der Klosetts in den Häusern nur selten möglich ist, so wird sich oft eine ausgiebige Ventilation nur dadurch erreichen lassen, daß man einen besonderen Abzugsschacht von den Fallrohren abzweigt und diesen wenn möglich bis an einen Schornstein heran und an letzterem herauf bis über Dach führt.

Solche Ventilationseinrichtungen zeigen zuweilen Störungen durch Umkehren des Luftstromes, wenn z. B. beim Offenstehenlassen der Klosettdeckel Luft in den Klosettraum angesogen wird, oder wenn die Sonne auf das freie Ende des Ventilationsschachtes drückt. Man sucht sich dann in den Fällen, wo als ventilationsbegünstigende Wärmequelle ein benachbarter Schornstein nicht zur Verfügung steht, in der Regel durch Anbringen einer sog. „Lockflamme“ (Gas oder Petroleum) in dem oberen Teil der Fallrohre bzw. des Ventilationsschachtes zu helfen. Stets ist es indessen auch hierbei nötig, auf den Klosettsitzen dicht schließende Deckel anzubringen und diese sorgfältig geschlossen zu halten. Den Abschluß der Fallrohre gegen die Klosetträume kann man ferner noch zu sichern versuchen durch automatisch schließende Klappen am unteren Ende des Klosetttrichters, welche sich beim Auffallen des Kotes auf die Klappe öffnen. Dieser Klappenverschluß ist aber in der Regel nicht dicht, da haftenbleibende Kotmassen das vollständige Schließen der Klappe gewöhnlich bald verhindern, wenn die Anlage nicht sehr sauber gehalten wird.

Versuche, die Grube selbst unter ständigem Offenlassen der Klosettdeckel durch Anbringen eines Lüftungsschachtes an dem Grubenraum selbst zu entlüften (System d'Arcet), erreichen dieses Ziel ebenfalls nur, wenn der Entlüftungsschacht über Dach geführt und durch eine Wärmequelle (Schornstein, Flamme) gut erwärmt wird. Es besteht hierbei jedoch immer die Gefahr der Umkehr des Luftstromes beim Entstehen von Nebenöffnungen an der Grube und Nachlassen der

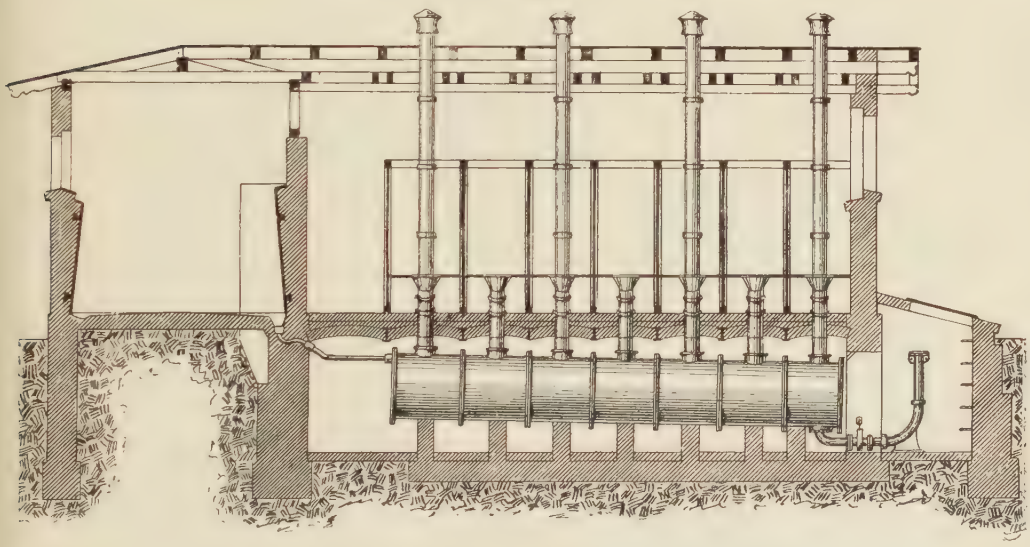
Vorwärmung des Ventilationsschachtes. Im allgemeinen ist wohl mehr das System der Entlüftung der Fallrohre zu empfehlen.

Eine besondere Art der Lüftung, nämlich nicht die des Fallrohrs, sondern des Aborttrichters, kommt bei dem von Gudden und Oehl in der Kreis-Irrenanstalt Werneck eingeführten Latrinensystem Werneck-Fulda zur Anwendung. Dieses war zwar bisher in einigen wenigen Garnisonen im Gebrauch, wird jedoch heute als veraltet für Neuanlagen wohl kaum noch in Betracht kommen.

Zwischen dem Sitztrichter und dem Fallrohr ist bei dem System Werneck-Fulda ein Sammeltopf eingeschaltet. Von letzterem aus führt ein Abluftrohr in einen über Dach gehenden Entlüftungsschacht, der durch eine im Hause vorhandene Heizvorrichtung (Herd, Kesselfeuerung etc.) erwärmt wird.

Die Ventilation der Klosetträume selbst erfolgt durch im Klosettraum anzubringende unmittelbar ins Freie führende Fenster. Für genügende Helligkeit in den Klosetträumen zur Vermeidung von schmutzigen Ecken und Winkeln ist noch besonders zu sorgen.

Abbildung 151.



Kottrommel (Straßburger System) mit pneumatischer Entleerung.

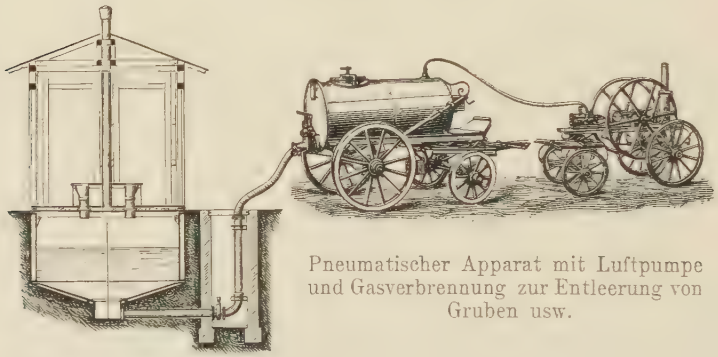
Das direkte Grubensystem d. h. eine in der Erde vermauerte Senkgrubenanlage ist in militärischen Anstalten zur Zeit im allgemeinen nur noch wenig im Gebrauch. Statt der Gruben hat man jetzt vielfach in Garnisonen ohne Kanalisation die sog. Kottrommeln (Straßburger System) eingeführt, welche gewissermaßen freistehende, feste, eiserne Gruben für die Aufnahme der Fäkalien darstellen.

(Abbildung 151.) In hygienischer Beziehung hat dieses System vor den Senkgruben den Vorteil, daß eine Verschmutzung des Bodens bei den gut gedichteten und in einem lüftbaren, hellen, mit zementiertem Boden versehenen Raum freistehenden und deshalb jederzeit gut kontrollierbaren eisernen Behältern absolut ausgeschlossen ist.

Die Entlüftung der Kottrommeln erfolgt ebenso wie diejenige der Gruben durch Heraufführen der etwa 15—20 cm weiten Fallrohre über Dach (Abb. 151). Der Harn des in der Abbildung 151 auf der linken Seite befindlichen Pissoirs wird ebenfalls in die Trommeln entleert. Die Größenabmessungen der Kottrommeln sind so getroffen, daß beim Vorhandensein von Wasserleitung eine beschränkte Wasserspülung der Aborte stattfinden kann. Sie sind mit einem Mannloch versehen, so daß sie nach der Reinigung gut durchgespült werden können.

Die Entleerung der Gruben und Kottrommeln erfolgt regelmäßig von Zeit zu Zeit, wenn irgend möglich, maschinell. Letzteres ist jedenfalls — besonders in militärischen Gebäuden — durchaus erforderlich (§ 142c F.S.O.), weil sich nur auf diese Weise die erforderliche Reinlichkeit und Geruchlosigkeit bei der Räumung der Grube erzielen läßt, und zur sicheren Vermeidung von Unglücksfällen durch Grubengas. Die Räumung wird vielfach, um Geruchsbelästigungen zu vermeiden, noch nachts vorgenommen. Es fragt sich jedoch, ob der leichteren Kontrolle wegen nicht eine Räumung am Tage vorzuziehen ist. Nach dem Entleeren sind die Gruben auf Dichtigkeit der Wände zu prüfen (§ 142e F.S.O.).

Abbildung 152.



Pneumatischer Apparat mit Luftpumpe und Gasverbrennung zur Entleerung von Gruben usw.

Die zu dieser „pneumatischen“ Entleerung der Gruben und Kottrommeln erforderlichen Apparate (Abb. 152) bestehen gewöhnlich aus einem Tonnenwagen von etwa 2 cbm Inhalt mit einem etwa 10 cm weiten Kotschlauch und einer Luftpumpe oder einem Dampferzeuger. Die luftdicht abgeschlossene Tonne des Wagens wird entweder luftleer gepumpt, oder das Vakuum in ihr wird dadurch sekundär erzeugt, daß zunächst die Luft aus der Tonne durch Einleiten von Dampf vertrieben, und dann durch Verdichtung des Dampfes in ihrem Innern das Vakuum hervorgerufen wird. Wird nun der in den Grubeninhalt hineinreichende Kotschlauch geöffnet, so wird durch den Luftdruck der Grubeninhalt in das Vakuum hineingepreßt. Durch einen mit der Luftpumpe bzw. dem Dampf-

erzeuger in Verbindung stehenden Verbrennungsofen kann hierbei durch Verbrennung der Grubengase fast vollständige Geruchlosigkeit erzielt werden.

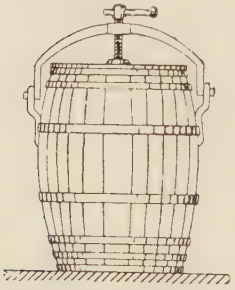
Bei sorgsamer Handhabung der Apparate läßt sich das Entstehen übler Gerüche und das Ueberlaufen von Grubeninhalt einigermaßen vermeiden. Findet es dennoch statt, so werden die übergelaufenen, auf den Erdboden gelangten Massen desinfiziert und dann beseitigt.

Wenn die Gruben nach den oben beschriebenen Grundsätzen angelegt und behandelt werden, so läßt sich vom hygienischen Standpunkt aus gegen dieses System nicht viel einwenden, zumal wir heute wissen, daß die seiner Zeit an eine geringe Verschmutzung des Bodens geknüpften Befürchtungen nicht die Bedeutung für die Entstehung und Ausbreitung der Infektionskrankheiten besitzen, wie man früher unter dem Einfluß der v. Pettenkoferschen Lehre allgemein annahm. Eine Infektionsgefahr von nicht einwandfreien Gruben aus ist eigentlich nur zu fürchten bei unmittelbarer Nähe eines flachen Brunnens (Kesselbrunnen). In anderen Fällen werden, einen gut filtrierenden Boden vorausgesetzt, etwa im Grubeninhalt noch vorhandene pathogene Bakterien durch die filtrierenden Erdschichten mit Sicherheit zurückgehalten und bald unschädlich gemacht. Die nahezu einzige andere Möglichkeit der Verbreitung von etwaigen Krankheitserregern mit dem Grubeninhalt, welche dem System als solchem zur Last fallen könnte, ist durch unmittelbare Kontaktinfektion bei der Entleerung der Gruben selbst gegeben. Aber auch hier läßt sich durch geschultes Personal und Verwendung dichter Abfuhrwagen die Infektionsgefahr auf das geringste Maß beschränken, zumal etwa im Inhalt der Grube vorhanden gewesene Infektionserreger infolge des längeren Verweilens in dem Grubeninhalt in ihrer Mehrzahl für gewöhnlich bereits abgetötet sein werden.

Anders liegen die Verhältnisse allerdings, wenn die Gruben den geschilderten hygienischen Anforderungen, wie es vielfach auf dem Lande und in kleinen Städten der Fall ist, nicht entsprechen. Infolge Durchlässigkeit der Grubenwandungen tritt hier dann allerdings häufig eine außerordentlich starke Verschmutzung des Bodens und Verunreinigung des Grundwassers ein. Mangelhafte oder gar fehlende Abdeckung sowie durchlässige und faulende Holzfallrohre tragen das ihrige reichlich zur Verpestung der Luft auf Höfen und in den Häusern bei, und die durch Undichtigkeit der Abfuhrwagen hervorgerufenen üblen Mißstände lassen sich, für Auge und Nase leicht erkennbar, an den Wegen, die der Wagen durch die Straßen genommen hat, ohne weiteres verfolgen.

Abbildung 153.

Abbildung 154.



Als Tonne adaptiertes
Petroleumfaß
mit aufschraubbarem Deckel
(nach Gärtner).

Heidelberger Tonnensystem. Lüftung des Abfallrohrs durch Führung über Dach.

b) Das Tonnensystem.

Statt der festen größeren Gruben verwendet das Tonnensystem kleinere bewegliche Behälter, welche zugleich zum Auffangen und zum Transport der abzuführenden Fäkalien benutzt werden. In die eisernen, innen emaillierten (Heidelberger System) (Abb. 153) oder undurchlässig (Karbolineum) hergestellten Holztonnen (adaptierte Petroleumfässer) (Abb. 154) münden, in dem Tonnendeckel mit Ansatzstutzen luftdicht angeschlossen, die hier ebenso wie bei den Gruben konstruierten und entlüfteten Fallrohre der Aborte. Die Tonnen sind an ihrem oberen Rande mit einem Ueberlauf versehen, welcher bei übermäßiger Füllung das Abfließen des Inhalts in eine vor der eigentlichen Tonne aufgestellte zweite Tonne gestattet. Der Raum, in welchem die Tonnen stehen, muß frostfrei, gut verschlossen und gelüftet, der Boden und die Wände müssen undurchlässig zementiert sein.

Die Abfuhr und Auswechselung der fest verschlossenen, mit Handgriffen versehenen Tonnen muß regelmäßig, je nach der Größe der Tonnen täglich bis zu etwa 14tägigen Zwischenräumen erfolgen. Die Tonnen fassen gewöhnlich 50—100 Liter Inhalt. Für eine Familie von 10 Köpfen reicht bei einmaliger wöchentlicher Abfuhr eine Tonne von 100 Litern aus, wenn keine Abwässer in die Tonne eingeleitet werden. Erfolgt die Abfuhr der Tonnen nicht regelmäßig, so können sich naturgemäß wegen der Kleinheit der Kotbehälter bei dem Tonnensystem leicht noch größere Mißstände entwickeln als unter entsprechenden Verhältnissen bei der Benutzung von Gruben.

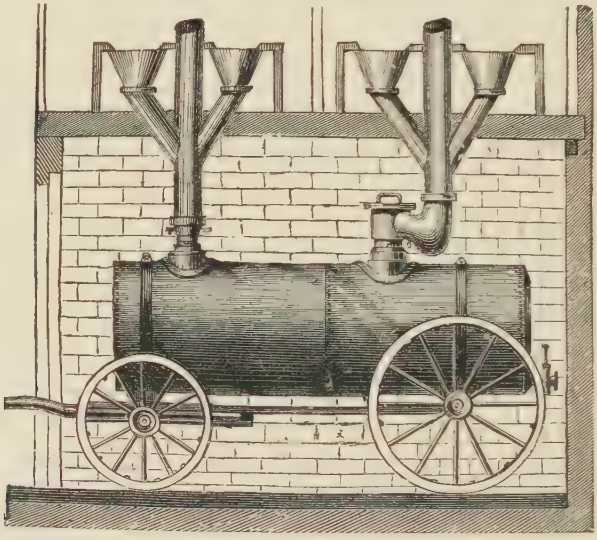
Eine besondere Abart des Tonnensystems ist das sog. Kübelsystem, bei welchem in dem undurchlässigen Klosettraum unter dem aufklappbaren Klosettsitz kleinere offene Kübel oder Fässer ohne Deckel zur Aufnahme der Fäkalien aufgestellt werden. Eine gute Ventilation des Klosettraumes ist hierbei natürlich ganz besonders erforderlich. Beim Abholen und Auswechseln der Kübel, welches wöchentlich mehrere Male geschieht, werden diese mit einem luftdichten Deckel versehen.

Von Seiten der Militärverwaltung wird neuerdings statt der Tonnen immer mehr die Einrichtung sog. Tonnenwagen (Mainzer Tonnenwagen) angestrebt. Es sind dies auf vierrädrigen Wagen festmontierte, größere, undurchlässige, eiserne Behälter, welche mit luftdichten Anschlußstutzen für mehrere Fallrohre versehen sind und direkt unter die Aborte gefahren werden. (Abb. 155). Sie bieten den gewöhnlichen Tonnen gegenüber den Vorteil, daß die Abfuhr und Auswechselung nicht so häufig zu erfolgen braucht, und außerdem ein Transportieren und Umladen der Kotbehälter durch Menschenhand vermieden wird.

Gegen ein ordnungsmäßig betriebenes Tonnensystem lassen sich hygienische Bedenken ebensowenig geltend machen wie gegen eine gut angelegte Grube. Als Vorzug der Tonnen wird die Möglichkeit

gelten müssen, die Dichtigkeit der frei aufgestellten Behälter wie bei den Kottrommeln jederzeit kontrollieren zu können. Andererseits bietet die häufigere Entleerung der Tonnen keine besonderen hygienischen Vorteile bezüglich der Vermeidung etwaiger Infektionen, da gerade die Infektionserreger in frischen Fäkalien in der Regel eine größere Gefahr für das Zustandekommen einer Infektion darstellen als in alten in Gruben abgelagerten Fäkalien. Bei Unordnung und Unsauberkeit wird daher hier die Infektionsgefahr, namentlich bei dem Kübelsystem, eher noch größer sein. Um eine geregelte Tonnenabfuhr zu gewährleisten, ist es erforderlich, daß z. B. in

Abbildung 155.



Mainzer Tonnenwagen.
Am rechtsseitigen Abfallrohr Kotsiphonverschluß (nach Weyl).

Städten die Abfuhr durch die Stadt selbst übernommen und kontrolliert wird. Gerade für kleinere Städte ohne Kanalisation mit vorwiegend landwirtschaftlicher Umgebung kommt auch heute noch ein gut durchgeführtes Tonnensystem für die Beseitigung der Fäkalien als rationell durchaus in Frage, da es einmal allen berechtigten hygienischen Anforderungen entspricht und zweitens ebenso wie das Grubensystem auf die Bedürfnisse der Landwirtschaft Rücksicht nimmt.

c) Die Geruchlosmachung der Fäkalien.

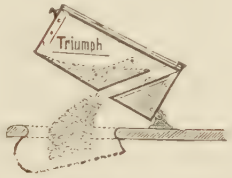
Neben der Lüftung der Abortgruben und -Räume verwandte man namentlich früher vielfach zur Beseitigung übler Gerüche

geruchsbindende chemische Mittel, welche, gleichzeitig mehr oder weniger desinfizierend, die bakterielle Zersetzung der Fäkalien verhindern sollten (Eisenvitriol, Manganchlorür, Kaliumpermanganat, Chlorzink, Kalk und vielfach Karbolsäure).

Manganchlorür und Eisenvitriol binden Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium und Ammoniak. Kaliumpermanganat oxydiert Schwefelwasserstoff. Durch das sich bildende Manganoxyd wird Schwefelammonium gebunden. Für faulenden Harn, besonders Pferdeharn, ist Gipspulver ein gutes Geruchsbeseitigungsmittel. Hervorzuheben ist, daß die Karbolsäure entgegen einer sehr verbreiteten irrtümlichen Auffassung gar keine geruchsbindenden Eigenschaften besitzt. Sie ist nicht imstande, übele Gerüche zu beseitigen, sondern verdeckt dieselben nur durch den ihr selbst anhaftenden eigenen unangenehmen Geruch. Bei der für die Zugabe zu Grubeninhalt usw. angewandten Konzentration tritt auch gewöhnlich eine Bakterienhemmung durch sie nicht ein.

Von diesen Mitteln ist man allmählich abgekommen, hauptsächlich nachdem man eingesehen hatte, daß im allgemeinen eine Desinfektion nicht infektiöser Fäkalien vollständig unnötig ist. Anderer-

Abbildung 156.



Torfstreuklosett „Triumph".
Der Torfmull ist im Deckel des Klosetts untergebracht.

seits hat sich die Anwendung geruchsbindend wirkender Mittel (Ueberschüttung der Fäkalien mit Torfmull, Erde usw., schweren kresolhaltigen Mineralölen) auch heute noch vielfach erhalten. Erde, Torfmull, Asche usw. wirken nicht nur geruchsbindend, sie saugen auch den Harn auf und geben mit den Fäkalien vermischt einen für die Landwirtschaft gut verwendbaren Dünger.

Auf diesem Prinzip beruhen die Erdklosetts von Moule, Passavant oder Aschenklosetts von Morell. Zur jedesmaligen Ueberschüttung der in Tonnen bezw. Kübeln aufgefangenen Fäkalien nach der Defäkation ist etwa $^1/_2$—1 kg Erde etc. erforderlich. Die Beschaffung der für dieses System notwendigen Mengen Erde oder Asche macht gewöhnlich, sobald es sich nicht um ganz kleine Verhältnisse handelt, Schwierigkeiten. Besser bewährt hat sich in der Praxis die Verwendung von Torfmull zu gleichem Zweck. Der fein verriebene Torf befindet sich in einem besonderen Behälter über dem Klosettsitz, aus dem sich beim Erheben von diesem automatisch eine gewisse Menge Torfmull, etwa 50 g, in die Tonne entleert, oder er ist in dem Deckel des Klosetts untergebracht, aus welchem er beim Schließen des letzteren auf die Fäkalien gestreut wird. Diese Einrichtung ist aus der Abbildung 156 zu ersehen. (Torfstreu-Klosett Triumph von Schwarz u. Co.-Hemelingen). Infolge seiner außerordentlich hohen Wasseraufnahmefähigkeit saugt der Torfmull sämtlichen Urin auf. Die Kotmassen bleiben relativ trocken, und es tritt sehr selten Ammoniakgeruch, und Fäkalgeruch garnicht ein.

Von der richtigen Beobachtung ausgehend, daß hauptsächlich die Beimengung des Harns die Zersetzung der Fäkalien und die Bildung übler Gerüche befördere, hat man früher vielfach versucht, die flüssigen von den festen Exkrementen zu trennen, erstere in besondern Kanälen abzuführen und letztere abzufahren. Entweder erstrebte man das gewünschte Ziel durch Einbau von Scheidewänden in dem Falltrichter oder durch Anbringung von Sieben in der Grube. Alle diese Systeme (Diviseure) sind heute wieder verlassen worden, da sich praktische Erfolge mit ihnen nicht erzielen ließen.

d) Feuerklosetts.

Ein sehr wirksames Mittel, sich der Fäkalien auf unschädliche Weise zu entledigen, wäre ohne Zweifel ihre Verbrennung, ähnlich wie es mit dem Hausmüll teilweise geschieht. Dies Verfahren wurde früher besonders da empfohlen, wo die landwirtschaftliche Verwertung der Fäkalien aus irgend welchen Gründen nicht möglich war, und besonders für einzeln stehende Häuser, Kasernen, Krankenanstalten usw.

Bei den verschiedenen Konstruktionen von derartigen Feuerklosetts (Scheiding, Löning, Weyl u. a.) handelt es sich um eine Verbrennung des Kots bei sehr hohen Temperaturen (bis 700° C.) und gleichzeitige Verdampfung des Harns.

Die Feuerklosetts, welche von der Heeresverwaltung an einigen Stellen z. B. in Potsdam beim 2. Garde-Feld-Art.-Reg. eingerichtet waren, haben sich allgemein nicht bewährt, weil die Verbrennung der stark wasserhaltigen Fäkalien doch sehr erhebliche Schwierigkeiten und Kosten verursachte. Man ist deshalb heute wieder vollständig von ihnen abgekommen, zumal die Kosten der Verbrennung in gar keinem Verhältnis zu dem hygienischen Wert der Fäkalienverbrennung stehen, die ja schließlich überhaupt nur bei infektiösen Entleerungen in Frage käme.

e) Die weitere Verwertung der Fäkalien.

Der durch die Abfuhr aus der Nähe der menschlichen Wohnungen entfernte Grubeninhalt wird vielfach z. B. bei kleinen Städten mit ländlicher Umgebung in der Nähe direkt zu Düngezwecken verwendet. Häufig macht jedoch namentlich bei größeren Städten die Unterbringung der Fäkalien, welche die Landwirtschaft nur im Frühjahr und Herbst verwenden kann, sehr erhebliche Schwierigkeiten. Die Gemeinden, selbst kleinere, gehen deshalb schon aus diesem Grunde, weil sie sich ihrer Abfuhr-Fäkalien nicht entledigen können, vielfach zur Schwemmkanalisation über. Finden die Fäkalien —

namentlich bei größeren Städten — in der nächsten Umgebung nicht sogleich Verwendung, so müssen sie in größeren Fäkalsammelgruben außerhalb der Stadt untergebracht werden, von wo aus die Landwirte zu geeigneter Zeit ihren Bedarf an Dünger decken können. Häufig ist die Versendung der Fäkalien zur Unterbringung auf größere Strecken mit der Bahn und zwar in großen eisernen Behältern — etwa 3 cbm Inhalt — erforderlich, oder die Fäkalien müssen, um sie als Dünger absetzen zu können, zu Poudrette verarbeitet werden.

Bei der Poudrettierung der Fäkalien wird diesen in erster Linie das Wasser entzogen. Sie werden mit Asche und Schwefelsäure versetzt und unter Umrühren stark erhitzt (100°), in flachen Schalen eingedampft und getrocknet, (v. Podewils). Die Poudrette enthält 7 pCt. Stickstoff, 3 pCt. Kali und 3 pCt. Phosphorsäure.

In der Praxis haben sich die Poudettierungsverfahren bisher sämtlich nicht als rentabel erwiesen.

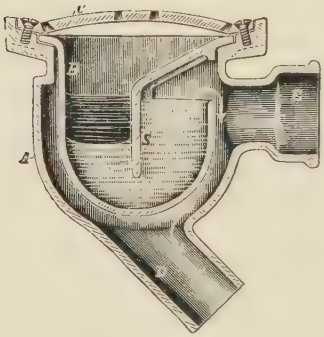
B. Harn.

Wenngleich der Harn bei einigen Infektionskrankheiten wie Typhus und Paratyphus die Krankheitserreger enthalten kann, so scheinen doch Infektionen durch Vermittelung der Pissoire selten zu sein. Häufig findet man jedoch in vernachlässigten Pissoiren üble Gerüche infolge ammoniakalischer Zersetzung des Harnstoffs des an den Wänden etc. der Anstalten zurückgebliebenen Harns.

Der Harn wird entweder in Urinierbecken (Fayence, emailliertes Gußeisen, Porzellan) mit Siphonverschluß, in am Fußboden der Pissoire am Fuße der Wände gelegene Rinnen oder an die Wandplatten selbst gelassen. Letztere bestehen in der Regel aus Schiefer, Stein, Fayence oder Rohglas. Wenn möglich werden die in den Becken, Rinnen bzw. an den Wänden haften gebliebenen Harnreste durch zeitweise automatische Wasserspülung entfernt. Ist dieses mangels einer Wasserleitung bzw. Kanalisation oder wegen zu hoher Kosten nicht möglich, so kann man das Herunterfließen des Harns von den Pissoirwänden zweckmäßig dadurch befördern, daß man diese periodisch mit sogen. Urinölen bestreicht, d. h. einem Gemisch schwerer Mineralöle, die etwa 7—15 Proz. Kresol enthalten, und zu denen auch das bekannte Saprol gehört. Das Säubern und Bestreichen der Platten und Rinnen erfolgt im Winter etwa 1 mal, im Sommer 2 mal in der Woche. Hierdurch wird auch gleichzeitig das Verspritzen des Harns bis zu einem gewissen Grade verhütet. Ferner wird, was für die Pissoire mit das Wichtigste ist, die ammoniakalische Gärung des etwa haften bleibenden Harns verhindert. In solchen Oelpissoiren wird man deshalb kaum jemals den charakteristischen Ammoniakgeruch

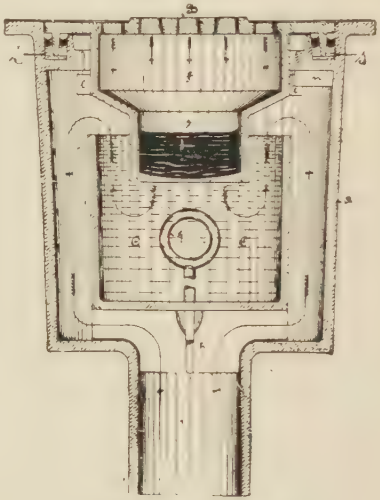
wahrnehmen. Eine nennenswerte Desinfektionswirkung auf etwa in dem Harn vorhandene pathogene Keime kommt den Pissoirölen trotz ihres Kresolgehaltes weder an der Pissoirwand noch in den Oelsiphons zu, weil in beiden Fällen die Zeit zu kurz ist, während welcher der Harn mit dem Oel in Berührung bleibt, und das Kresol nicht in dieser kurzen Zeit in genügender Menge abgegeben wird. Die Oele wirken vielmehr in erster Linie desodorierend, indem sie einerseits die Entwickelung der Harngärung erzeugenden Bakterien bis zu einem gewissen Grade verhindern, andererseits — in den Siphons — durch Ueberschichtung des Harns direkt einen Geruchs-

Abbildung 157.



Oelsiphon von Butzke.

Abbildung 158.



Oelsiphon von L. Schwarz.

verschluß nach dem Kanalnetz bzw. dem Urinsammel- oder Fäkalienbehälter hin bilden. Auf demselben Prinzip der Desodorierung beruhen die vielfach sich gut bewährenden „Torfit"-Urinoire (L. Schwarz-Hemelingen).

Die Torfitanlage — Wandplatten, Gesims, Rinnen usw. — besteht aus einer steinartigen Masse, die, mit Torfitextrakt bestrichen, den Urin zum Teil durch Aufsaugen absorbiert und auf den haften bleibenden Urin desodorierend wirkt.

Der Fußboden der Pissoire muß undurchlässig, nach der Ablaufrinne geneigt und bequem zu reinigen sein. Der Abfluß des Harns erfolgt mittels Bodenentwässerung durch einen oder mehrere im Fußboden eingebaute Siphons, am besten sogen. Oelsiphons.

Die Konstruktion derartiger Oelsiphons ist aus den Abb. 157 und 158 ersichtlich, welche die beiden gebräuchlichsten Typen derartiger Apparate darstellen.

Bei dem Oelsiphon „Universal" Butzke (Abb. 157) tritt der Urin durch ein Sieb C, welches gleichzeitig grobe Verunreinigungen zurückhält, oben in den mit Pissoirol beschickten Geruchsverschluß B. Nach Passieren der Oelschicht gelangt der Harn unter der Tauchwand S hindurch über einen Ueberlauf hinweg in den äußeren Siphonmantel und von hier in das Kanalnetz durch das Abführungsrohr D. Dadurch, daß die warmen Kanalgase in den Siphonmantel ungehindert eintreten können, soll ein Einfrieren des Siphons verhindert werden. Die Muffe E dient zum Anschluß an einen Ventilationsschacht, der jedoch nicht unbedingt erforderlich ist. Bei Anschluß des Siphons an einen solchen ist sein Leersaugen nicht zu befürchten, weil ein im Kanalnetz etwa entstehender negativer Druck durch den Ventilationsschacht ausgeglichen wird. Die Reinigung des Siphons erfolgt durch Wasserspülung.

Auf demselben Prinzip beruht der Oelsiphon von L. Schwarz-Hemelingen, der einen doppelten Geruchsverschluß im Standrohr bei g und im Kranz bei s besitzt. (Abb. 158.) Die Durchflußrichtung des Harns ist im übrigen aus der Pfeilrichtung ersichtlich. Der Schlammkasten C kann mittels des Griffes h aus dem Siphon herausgehoben und gereinigt werden.

Am erstrebenswertesten ist in allen Fällen die unterirdische Abführung des Harns durch Anschluß an die Entwässerung. Ist dieses nicht möglich, so fängt man ihn mit den Fäkalien zusammen in pneumatisch zu entleerenden Behältern bzw. Tonnenwagen oder in Senkgruben auf. In diesen Fällen kann eine beschränkte Wasserspülung für die Pissoire allerdings wegen der verhältnismäßig geringen Aufnahmefähigkeit der genannten Behälter wohl kaum noch in Frage kommen. Besteht Tonnenabfuhr, so wird der Harn in der Regel ebenfalls in Tonnen ev. unter Zusatz von Torf aufgefangen.

5. Kapitel.

Die Beseitigung und Verwertung des tierischen Düngers.

Hierfür in Betracht kommende Bestimmungen über Einrichtung militärischer Pferdeställe, Düngergruben usw. besagen kurz zusammengefaßt etwa folgendes:

Der Stallfußboden soll hart und undurchlässig sein, dabei aber eine rauhe ebene Oberfläche besitzen. Für gehörigen Abfluß des Harns aus den Ständen ist durch Anlegen von Längsfugen im Stallboden mit Gefälle zu sorgen. An beiden Seiten des Mittelganges hinter den Ständen liegt eine offene, ohne Gefälle angelegte Rinne zu seiner Aufnahme. Diese Rinnen können event. muldenförmig ausgestaltet und mit Sand zum Aufsaugen des Harns (bei mangelnder Kanalisation) ausgefüllt werden (§ 38. G.G.).

Als Düngerstätten dienen ausgemauerte oder in Stampfbeton hergestellte Gruben, welche nach Bedarf 3,25—3,75 m lang und breit und 1,50 bis 2,00 m tief sind. Die Seitenmauern werden um etwa 60 cm über dem Gelände erhöht. Düngerstätten dürfen nicht in unmittelbarer Verbindung mit den Umfassungsmauern der Gebäude oder in der Nähe der Eingänge und Fenster angelegt werden. Die Sohle der Grube ist erforderlichenfalls durch Tonschlag unter der Pflasterung noch besonders gegen Eindringen von Grubeninhalt in das Erdreich zu sichern. Machen die örtlichen Verhältnisse es notwendig, so kann der Dünger auch ausnahmsweise in Haufen gelagert werden. Die Einrichtung ist alsdann aber so zu treffen, daß weder die Gebäude, noch die Brunnen, noch die Luft in den Gebäuden dadurch leiden (§ 45. G.G.).

In Krankenställen ist die unterirdische Ableitung der Abwässer unzulässig; dagegen ist auf schnelle oberirdische Abführung und Unschädlichmachung der Abwässer Bedacht zu nehmen. Krankenkenställe erhalten eine besondere kleinere Düngergrube (§§ 45 u. 47. G.G.).

Die Ausräumung der Düngergruben und die Reinhaltung der Umgebung der Düngerstätten sowie der Wege von den Ställen dahin ist Sache des Truppenteils, sofern dieser die Verwertung des Stalldüngers zur Selbstbewirtschaftung übernommen hat. Andernfalls übernimmt sie die Garnisonverwaltung und der Truppenteil hat dafür zu sorgen, daß der Dünger nicht verschleppt und zertreten wird (§ 36. G.V.O.).

Tierischer Dünger soll im allgemeinen ebenso wie die menschlichen Exkremente in festen undurchlässigen Gruben aufgesammelt und, wenigstens in größeren Städten, alsbald abgefahren werden. Für die Abfuhr sind ebenfalls dichte Kastenwagen empfehlenswert. Die Gruben müssen von den menschlichen Wohnungen so weit entfernt sein, daß eine Belästigung durch üble Gerüche vermieden wird. Die Ställe sollen gleichfalls einen undurchlässigen Boden besitzen, für Abfluß des Harns muß genügend, am besten durch unterirdische Entwässerung gesorgt sein, desgl. für gute Lüftung und regelmäßige Reinigung der Ställe sowie häufigeren Wechsel der Streu. Die Abgänge von kranken Tieren, die man gesondert stellt (Krankenställe), werden vor ihrer definitiven Beseitigung unter Umständen desinfiziert und besonders gesammelt werden müssen.

Da tierischer Dung zuweilen auch für den Menschen pathogene Krankheitskeime — Milzbrand, Tetanus, Rotz, Aktinomykose — enthalten kann, so ist seine möglichste Entfernung aus der Nähe menschlicher Wohnungen geboten. Im allgemeinen sind doch aber die Gefahren, die für den Menschen vom Tierdung als solchem ausgehen, kaum nennenswert, wenn nicht Infektionserreger, wie z. B. diejenigen des Typhus, der Ruhr oder der Cholera mit undesinfizierten menschlichen Entleerungen auf die Düngerstätten geraten und von dort aus wieder in die Wohnungen verschleppt werden oder an die Hände und Kleidungsstücke der mit dem Dung umgehenden Personen gelangen. Aus diesem Grunde ist auch die Vermischung und Aufbewahrung des Düngers mit den menschlichen Fäkalien zusammen vom hygienischen Standpunkte nicht empfehlenswert.

6. Kapitel.

Die Beseitigung der Brauchwässer.

Ueber die hierfür gültigen militärischen Bestimmungen ist kurz folgendes erwähnenswert.

In Kasernen mit Anschluß an eine Wasserleitung dürfen für die Mannschaften besondere Waschräume vorgesehen werden. Für je 4 bis 5 Mann ist ein Becken zu rechnen. In jedem Waschraum befindet sich ein Wandausguß mit Zapfhahn. Die Fußböden der Waschräume erhalten wasserdichten hellen Plattenbelag (§ 14. G.G.).

In den Baderäumen der Kasernen ist für ausreichenden und möglichst schnellen Wasserabfluß Sorge zu tragen. Der Gefahr des Einfrierens der Rohrleitungen ist durch geeignete Maßnahmen vorzubeugen (§ 15. G.G.). Für die Anlage der Aus-

gußvorrichtungen in den Mannschafts pp. -Küchen ist die Rücksicht auf Beförderung der Reinlichkeit und Bequemlichkeit beim Küchenbetrieb maßgebend (§ 17. G.G.). In die Entwässerungsanlage größerer Küchen sollen bequem zu reinigende Fettfänge eingefügt werden. Ihre Reinigung erfolgt durch die Garnisonverwaltung (§ 36, 2. G.VO.). Zur Reinigung der Leibwäsche der Mannschaften kann dem Truppenteil eine Waschküche zur Verfügung gestellt werden. — Zur Reinigung der Drillichsachen werden in der Regel Waschtröge als feste bauliche Anlagen auf den Kasernenhöfen hergestellt. Sofern eine unterirdische Entwässerung besteht, sollen sie an diese angeschlossen werden (§ 20. G.G.).

Im allgemeinen bestimmt der § 61 G.G. bezüglich der Entwässerung von Kasernengrundstücken, daß, wenn irgend durchführbar, durchweg unterirdisch entwässert werden soll, und zwar möglichst im Anschluß an vorhandene städtische oder staatliche Entwässerungsanlagen. Zu beachten ist hierbei, daß der Anschluß an öffentliche Gewässer in der Regel der Genehmigung der Zivilaufsichtsbehörde bedarf. Bei Ableitungen in Privatgewässer, bei Durchführung der Leitungen durch Privatgrundstücke oder Mitbenutzung von Privatentwässerungsanlagen ist die dauernde Rechtmäßigkeit der Anlage sicher festzulegen. Bei allen Entwässerungsanlagen ist auf sorgfältige Vorkehrungen zum Spülen der Kanäle etc. Rücksicht zu nehmen. Bezüglich der Entwässerung in den Lazaretten gibt § 39, Beil. 11, F. S. O. an die Hand, wenn angängig, den Anschluß an eine bestehende öffentliche Rohrleitung zu suchen, anderenfalls eine besondere Entwässerungsanlage zu schaffen. Nicht statthaft ist dagegen die Einleitung der Lazarettabwässer in stehende Gewässer, Sickergruben, offene Gräben usw. auf dem Lazarettgrundstück oder in seiner Nähe. Bei Verlegung von unterirdischen Röhren ist auf Frostfreiheit Bedacht zu nehmen.

Ueberall da, wo keine Kanalisation besteht, bietet die Beseitigung der Hausabwässer gewisse Schwierigkeiten. Aus diesem Grunde ist die hygienisch einwandfreie Entwässerung von einzeln liegenden Kasernen ohne Anschluß an eine Kanalisation, ferner von Genesungsheimen, Truppenübungsplätzen u. ä. nicht immer ganz einfach. Für den Sanitätsoffizier, der in solchen Fällen dem Techniker mit seinen hygienischen Ratschlägen helfend zur Seite stehen soll, ist daher eine genaue Kenntnis gerade der Beseitigungsmethoden der Abwässer besonders auch für kleinere Anlagen heute ein dringendes Erfordernis geworden.

Vielfach verfährt man auch heute noch bei der Beseitigung der Abwässer mit ziemlicher Sorglosigkeit, namentlich auf dem Lande, wo man diese oberflächlich laufen und versickern läßt, wohin sie eben wollen. Wenn diese Art der Abwasserbeseitigung gewisse Bedenken erregt, so ist das leicht verständlich, sobald man sich daran erinnert, in wie hohem Grade Hausabwässer unter Umständen z. B. als Badewässer von Typhuskranken infektiös sein können. Daß in die Hausabwässer auch regelmäßig zum großen Teil der Harn und wohl ausnahmslos auch Reste der Fäkalien der Kranken und gegebenenfalls die in diesen vorhandenen Infektionserreger gelangen, wurde oben bereits erwähnt.

Etwas günstiger, wenn auch ebenfalls noch sehr primitiv, ist die Beseitigung der Abwässer in sog. Sickerschächten oder Schwindgruben, d. h. einfachen gemauerten Gruben mit offenem Boden oder

durchlochten Wänden. Die Abwässer sind dann wenigstens unmittelbar von der Erdoberfläche entfernt. Die Sickergruben sind schon deshalb hygienisch nicht unbedenklich, weil mit der Zeit eine nicht unerhebliche Verschmutzung des Erdreiches in ihrer Umgebung eintreten muß. Wenn sie nicht sorgfältig abgedeckt sind, so werden sie zu unangenehmen Gerüchen Veranlassung geben müssen. Jedoch sind Infektionen des Grundwassers bzw. der Brunnen von ihnen aus nicht sonderlich zu befürchten, wenigstens wenn sie in einem gut filtrierenden Sandboden und in weiterer Entfernung von den Brunnen angelegt sind.

I. Die verschiedenen Kanalisationssysteme.

1. Die Spülkanalisation.

Findet sich in einer Stadt bereits ein Kanalsystem für die Abführung der Hausabwässer, besteht aber daneben noch die Abfuhr der Fäkalien (Spülkanalisation), so liegt der Wunsch bei vielen Hausbesitzern nahe, die letzteren aus den dann gewöhnlich ebenfalls bald eingeführten Spülklosetts nicht in die bestehenden Gruben, welche die große Menge der Klosettspülwässer nicht fassen können, sondern direkt in die Kanäle einzuleiten. Da entsprechende Kläranlagen für die Gesamtabwässer fehlen, so hilft man sich in solchen Fällen vielfach, wenn man die Fäkalien nicht heimlich in die Kanäle einleitet, durch sog. „Klär- oder Spülgruben“, in denen die fäkalienhaltigen Abwässer geklärt werden.

Das Prinzip der Klärgruben ist folgendes. Die Abwässer werden in eine größere Grube geleitet (Abb. 159, nach Gärtner). In dieser werden durch Zusatz von Chemikalien, mit welchem man früher auch gleichzeitig eine Desinfektion der Abwässer verbinden wollte, starke Niederschläge gebildet. Diese setzen sich großen Teils am Boden der Grube ab. Die leichteren Schlammstoffe (Fett usw.), welche nicht mit herniedergerissen werden, bilden oben auf den Abwässern eine Schwimmschicht, die unter Umständen das Entweichen von üblen Gasen verhindert. Durch einen unter diese Schwimmschicht herunterreichenden Ueberlauf gelangen die geklärten Abwässer gewöhnlich in eine zweite kleinere Grube und von hier aus ev. durch einen sogen. Revisionsschacht in die Kanäle. Die festen niedergerissenen Massen werden durch Abfuhr aus den Gruben beseitigt.

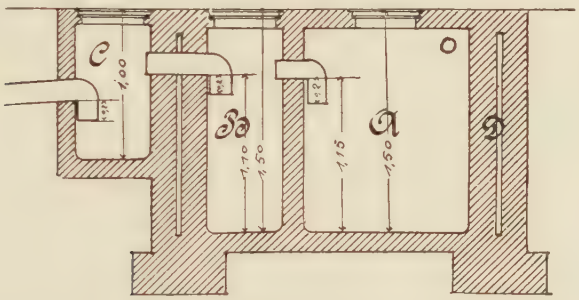
Für diese Art der Abwasserklärung sind verschiedene Verfahren angewendet worden. Bei dem noch in mehreren Garnisonen der beiden Königl. sächsischen Armeekorps verwendeten Syvernschen Verfahren erfolgt die Klärung durch ein Gemisch von Aetzkalk (100 Teile), Teer (8 Teile), Magnesiumchlorid (33 Teile) und Wasser (860 Teile). In England wurde zu dem gleichen Zweck vielfach angewendet der sogen. A.B.C.-Prozeß (Alaun, Blut und Ton — clay —). Bei dem Friedrichschen Verfahren wird ein Gemisch von Eisenoxydhydrat, Kalkhydrat, Tonerdehydrat und Karbolsäure den zu klärenden Abwässern beigegen. Aehnlich ist die Methode von Wilhelmy, nur findet hier die Mischung der Abwässer mit den Chemikalien in einer kleinen vorgeschalteten Grube statt, aus welcher sie erst nach einer gewissen Zeit in die Hauptgrube gelangen.

Petri verwandte zur Fäkalienklärung ein Pulver aus Torf, Steinkohlengrus und Teer, dem noch Kehricht und Kohlenabfälle beigegeben werden. In diesem Pulver werden die Fäkalien direkt in einem Behälter unter den Abortsitzen aufgefangen und durch eine Rührschnecke 1 mal am Tage verrührt. Der abgefahrene

Fäkal-Torfbrei erhält noch einen weiteren Zusatz von Torf und Kohle und wird zu sogen. Fäkalsteinen gepreßt, die als Brennmaterial benutzt werden sollen.

Diese Verfahren der Grubenklärung können unter Umständen für gewisse Verhältnisse bei der Einzelklärung Anwendung finden, nämlich dann, wenn die so geklärten Abwässer in einen großen, sehr wasserreichen Vorfluter hineingelassen werden. In einem kleinen Vorfluter würde bald eine Verschmutzung des Wassers mit allen seinen üblen Folgen eintreten müssen, da das Abwasser nach dieser Art der Behandlung seine Fäulnisfähigkeit nicht verliert. Wird zur Klärung Kalk im Ueberschuß verwandt, so erhält man zwar ein ziemlich blankes Abwasser, aber sehr große Mengen von Klärschlamm. Diese Unbequemlichkeit fällt bei Abfuhr der Fäkalien ganz besonders

Abbildung 159.



Spülgrube.
A = Hauptgrube; B = Nachklärung; C = Revisionschacht.

schwer ins Gewicht und führt infolgedessen meist bald wieder zum Aufgeben der Kalkklärung. Außerdem machen sich im Vorfluter beim Vorhandensein eines Kalküberschusses in den eingeleiteten Abwässern gewöhnlich sehr bald Uebelstände durch Bildung von Schlammbänken bemerkbar, auf die später noch zurückzukommen sein wird. (Vgl. Kapitel „Chemische Klärung der Abwässer.“)

Eine sichere Desinfektion der Fäkalien im großen findet außerdem auch selbst bei Zusatz von Aetzkalk nicht statt, da der Kalk keine nennenswerte Tiefenwirkung besitzt und infolgedessen in die Kotballen nicht einzudringen vermag. Will man unter besonderen Verhältnissen z. B. bei Epidemien die für gewöhnlich unnötige Desinfektion der Spülgruben vornehmen, so bedient man sich hierzu besser des stärker desinfizierenden Chlorkalks. (Näheres siehe im Kapitel „Desinfektion der Abwässer“ dieses Abschnittes.)

2. Die Schwemmkanalisation.

Praktischer und vom hygienischen Standpunkt richtiger als die Ableitung der Hausabwässer in einem besonderen Kanalsystem und die daneben beibehaltene Fäkalienabfuhr ist das Verfahren, welches sich jetzt fast überall in größeren, vielfach aber schon in kleineren Städten eingebürgert hat, nämlich die gemeinsame Ableitung der Hausabwässer in Kanälen mit den Fäkalien zusammen: Schwemmkanalisation. Werden mit den Brauchwässern und Fäkalien gleichzeitig in einem gemeinsamen Kanalnetz die meteorischen Niederschlagswässer abgeleitet, so bezeichnet man dies als „Misch- oder Sammelsystem", andernfalls, wenn die Regenwässer getrennt abgeführt werden, als „Trennsystem".

Im allgemeinen müssen an jede Schwemmkanalisation als hauptsächliche Forderungen gestellt werden eine schnelle Abführung der Abwässer, Undurchlässigkeit des Rohrnetzes für diese und von ihnen etwa ausgehende üble Gerüche und eine unschädliche schließliche Beseitigung der abgeleiteten Abwässer.

Der Gesamtanlage nach stellt jedes Kanalisationssystem ein baumartig verzweigtes Netz von Röhren dar, beginnend von den Hauptsammelkanälen (Stammsielen) und sich fortsetzend bis in die dünneren und engeren Röhren der Hausableitungen. Der verschiedenartigen Anordnung der Hauptsammelkanäle gemäß spricht man von einem Abfangsystem, wenn dieselben parallel einem Flußlauf gehen, oder von einem Fächersystem, wenn sie zu einem oder mehreren tiefer gelegenen Punkten führen. Beim Radialsystem leiten die Stammsiele die Abwässer peripher von einzelnen Bezirken zu sog. Pumpstationen. Je nach den örtlichen Verhältnissen kommen auch, immer unter möglichster Ausnutzung des natürlichen Gefälles, Kombinationen mehrerer Systeme vor. Ist das erforderliche Gefälle nicht vorhanden, so muß das Abwasser durch Pumpen gehoben oder durch Luftdruck weiter gefördert werden (Shones System).

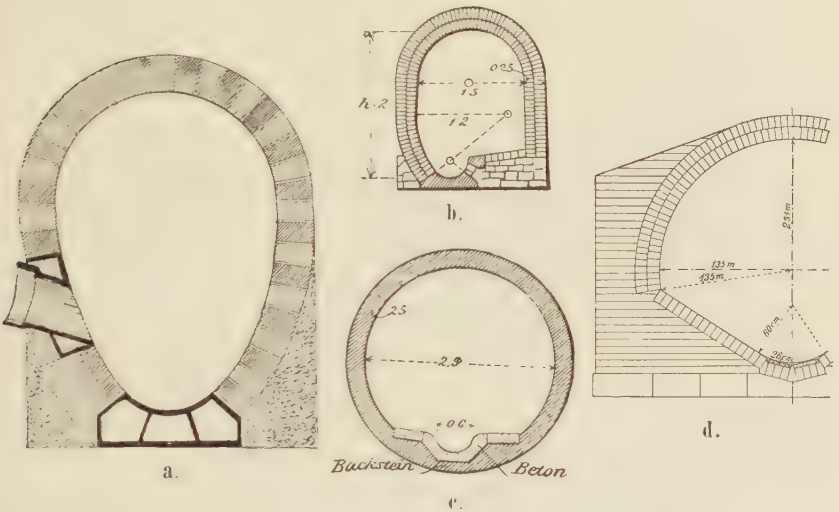
A. Das Misch- oder Sammelsystem.

Die Hauskanäle des Rohrnetzes beginnen mit den Ausgußbecken und den Aborttrichtern. Die von dort aus abgehenden und zum Zweck der Lüftung der Kanäle über Dach zu führenden Zink- bezw. Eisenrohre werden in dem Sammelrohr des Hauses, das aus Eisen oder glasiertem Ton von etwa 15—20 cm Profilgröße besteht, vereinigt. Letzteres ist spitzwinklig an einen Straßenkanal angeschlossen. Vor dem Durchbruch durch das Mauerwerk findet sich in das Sammel-

rohr des Hauses ein sogenanntes Revisionsstück eingeschaltet, ein Rohr, welches einen wasserdicht schließenden abnehmbaren Deckel besitzt.

Die Straßenkanäle, welche gewöhnlich in der Mitte der Straßenprofile liegen, haben in der Regel einen Mindestdurchmesser von etwa 0,3 m. Sie bestehen bis zu 0,6 m Durchmesser aus glasiertem Tonrohr von rundem Querschnitt. Größer dimensionierte Kanäle, bis zu 2 m Durchmesser, werden entweder aus Steinen in Zement gemauert oder aus Zementbeton, neuerdings auch als Monierröhren (Zement mit Eiseneinlage) hergestellt und zwar mit verschiedenem Profil; in der

Abbildung 160, a bis d.



Verschiedene Kanalprofile.

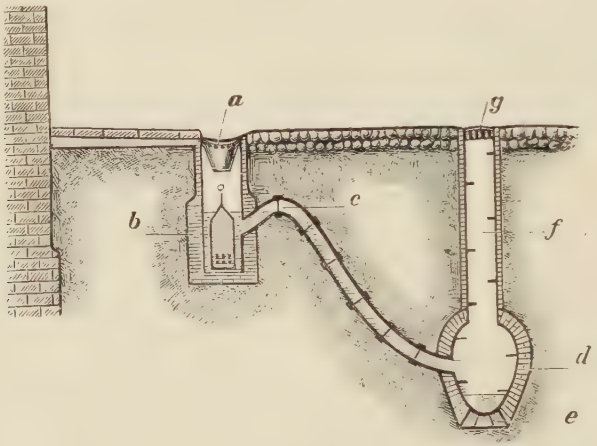
a Größerer Straßenkanal, Eiprofil, auf hohlem Betonsohlstück und Kiesschüttung zur Drainage des Grundwassers, mit seitlichem Einlaß eines Hauskanals (Gärtner). — b) Eiprofil mit Bankett. — c) Profil mit Banketts. — d) Charlottenburger Profil (b bis d nach Th. Weyl).

Regel eiförmig oder in Modifikationen des Eiprofils mit der Spitze nach unten. (Abb. 160.) Das Eiprofil hat vor den runden Kanalquerschnitten den Vorteil, daß der Kanalinhalt in einer tiefen Kanalsohle von verhältnismäßig geringem Querschnitt fließt, wodurch die Strömungsgeschwindigkeit erhöht und der Ablagerung von Schmutzstoffen innerhalb der Kanäle wirksam entgegengearbeitet wird. Bei größeren Hauptsammelkanälen werden zuweilen in der Sohle begehbare Böschungen eingebaut, um den Kanal bei Revisionen und nötig werdenden Reinigungen und Reparaturen an jeder Stelle bequem erreichen zu können.

Dem gleichen Zweck dienen auch von der Erdoberfläche her die Kanäle erreichende gemauerte Einsteigschächte (Revisionsschächte) (Abb. 161). Sie sind mit eisernen Steigstufen ausgestattet und führen entweder bei kleineren Kanälen direkt auf diese oder bei größeren seitlich von ihnen herab. Solche Schächte müssen in etwa 50—70 m Entfernung im Kanalsystem angebracht sein. Sind die Kanäle nicht begehbar, so dürfen zwischen zwei Schächten nur gerade verlaufende Kanalstrecken liegen.

Bei hohem Grundwasserstand müssen die Kanäle vielfach noch im Grundwasser verlegt werden. Um den Grundwasserspiegel zu senken, baut man in solchen Fällen die Sohle der Kanäle in der

Abbildung 161.



Straßengullie mit herausnehmbarem Sinkkasten (b), Gitter (a) und Einlaufkanal (c) in einen größeren Straßenkanal (d) mit Einsteigschacht (f), Gitter über diesem (g) und Betonsohlstück (e) (nach Flügge).

Regel gleichzeitig als Drainrohr für das Grundwasser, indem man das Stützmauerwerk derselben hohl ausbaut und mit einer seitlichen, umgebenden Schicht von grobem Kies oder Schotter versieht (Abb. 166a).

Man führt gewöhnlich das Grundwasser bis zu einem öffentlichen Wasserlauf oder in eine tiefer gelegene durchlässige Bodenschicht fort. Unter Umständen muß es auch von Pumpstationen aus durch besondere Anlagen abgepumpt und dem nächsterreichbaren Wasserlauf zugeführt werden bzw. es wird an geeigneten Stellen im oberen Profil in die Kanäle aufgenommen.

Zuweilen wird auch in die Kanäle selbst durch ausgesparte Stellen im Mauerwerk direkt Grundwasser aufgenommen. In solchen Fällen ist umgekehrt in der Regel das Heraustreten von Kanalinhalt

in das umgebende Erdreich weniger zu befürchten, weil der Druck, der außen auf dem Kanal lastet, wohl ausnahmslos wesentlich höher ist als der Innendruck, unter welchem also das Abwasser steht. Um diesen Bedingungen zu entsprechen, müssen allerdings die Kanäle so tief verlegt werden, daß ihre höchste Wasserführungslinie unter dem Grundwasserspiegel liegt.

Die Abflüsse von den Höfen und Rinnsteinen der Straßen werden den Straßenkanälen durch in gewissen Abständen dem Rohrnetz eingefügte Einläufe mit sog. Gullies oder Sinkkästen zugeführt. Diese halten die groben Sinkstoffe, vornehmlich Sand etc. zurück und gestatten nur dem Wasser selbst den Eintritt in das Kanalnetz. Sie sind mit einem Einlaufgitter und herausnehmbaren Schlammbehälter und Siphonwasser- bzw. Geruchsverschluß versehen. (Abb. 161).

Außer den Gullies werden innerhalb des Kanalnetzes noch sog. Sandfänge d. h. Vertiefungen in dem Kanalprofil zum Auffangen von schweren Sinkstoffen eingebaut an solchen Stellen, wo die Wassergeschwindigkeit plötzlich verringert wird, z. B. vor Dückern (siphonartigen Verschlüssen in den Kanälen) und Pumpstationen.

Bei jedem Sammelsystem müssen die Kanäle so weit gebaut sein, daß sie für die Aufnahme größerer Mengen von Regenwasser eingerichtet sind. Die Abwassermenge beträgt bei sehr heftigen Regenfällen zuweilen nur etwa 2—3 Proz. der Regenwassermenge, ist also wesentlich geringer als diese. Die Menge des nicht im Boden versickernden von den Kanälen aufzunehmenden Regenwassers ist wiederum von den verschiedensten Faktoren, örtlichen und klimatischen Bedingungen, Bebauungsdichtigkeit usw. abhängig, so daß sich Berechnungen des Rohrnetzes für die Aufnahme der Regenwässer jedesmal nach den gerade vorliegenden örtlichen Bedingungen zu richten haben werden. (Vgl. auch Kap. I dieses Abschnitts.) Da man nun die Kanäle unmöglich so weit bauen kann, daß sie bei plötzlichen starken Regengüssen das gesamte Niederschlagswasser abzuführen imstande sind, ist man gezwungen, bei dem Sammelsystem sog. Notauslässe einzurichten. Diese treten nach den in Deutschland üblichen Gepflogenheiten in Tätigkeit, sobald die den Kanälen zugeführte Regenwassermenge die Menge der Abwässer um etwa das 3—5 fache übersteigt.

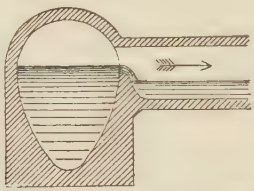
Unter 5facher Verdünnung versteht man in diesem Falle 1 Teil Schmutzwasser auf 4 Teile Regenwasser. Bei geringerer Verdünnung 1 : 1 — 2 bereits in Tätigkeit tretende Notauslässe anzulegen, dürfte nur gestattet sein bei sehr mächtigem wasserreichen Vorfluter, in welchem eine sehr erhebliche Verdünnung des Kanalinhaltes eintritt.

Die Abb. 162 (nach Gärtner) zeigt einen solchen Notauslaß im Querschnitt. Die Abwässer treten durch einen Ueberlauf in den Notauslaßkanal ein.

Durch die Notauslässe werden nicht nur Straßenschmutz, sondern auch Fäkalien und andere fäulnisfähige Stoffe in den Vorfluter geführt. Eine erheblichere schädliche Wirkung auf diesen dürfte allerdings bei der immerhin verhältnismäßig seltenen Inanspruchnahme der Notauslässe und der dann gewöhnlich vorhandenen starken Verdünnung des Abwassers kaum zu befürchten sein.

Die Tiefe, in welcher die Kanäle verlegt werden, muß so bemessen sein, daß diese im Winter frostfrei liegen, in Deutschland etwa 1—1,50 unter der Erdoberfläche. Ferner ist bei der Tiefenverlegung auf die Entwässerung der Kellerwohnungen oder der in den Kellern untergebrachten Betriebe (Waschküchen etc.) Bedacht zu nehmen. Einen gewissen Einfluß auf die Tiefenlage der Kanäle wird ferner die Straßenbreite und einen nicht unerheblichen endlich die Rücksicht auf das erforderliche Kanalgefälle ausüben müssen.

Abbildung 162.



Notauslaß mit seitlichem Ueberlauf.

Die Kanäle müssen ein geeignetes Gefälle besitzen, um den Kanalinhalt möglichst schnell und ohne besondere Sedimentierung abzuführen.

Als am besten hat sich erwiesen bei den Hauskanälen ein Gefälle von 1 : 50, den mittleren Straßenkanälen 1 : 250, den größeren Straßenkanälen 1 : 500 und den Stammsielen 1 : 1000.

Ist das Gefälle zu stark, so erfolgt der Abfluß des Wassers unter Umständen zu schnell. Gröbere Sinkstoffe können dann trocken liegen bleiben und zu faulen beginnen. In solchen Fällen kann dadurch Abhülfe geschafft werden, daß man das Gefälle der Kanäle durch eingeschaltete senkrechte Schächte bricht, in deren oberen Teil die zuführenden Kanäle münden, und aus deren unterem Ende wiederum die Ableitung erfolgt.

Um die Zuführung von Frischluft zu den Kanälen und die Beseitigung von Gasen aus diesen zu gestatten und das Entweichen der Kanalluft bei plötzlicher starker Füllung des Kanalnetzes durch Regengüsse zu ermöglichen, ist eine geeignete Ventilation der Kanäle erforderlich. Zu diesem Zweck dienen als Lufteinlaß gleichzeitig die durchbrochenen Gitter der Einsteigschächte und

Straßen- und Hofgullies. Das Entweichen der Kanalluft wird ferner ermöglicht durch die Heraufführung der Hausabfallrohre über Dach und bei trockenem Wetter durch nicht mit Wasserverschluß versehene Regenrohre.

Zur Entfernung des sich ablagernden Schlammes ist eine zeitweilige Reinigung der Kanäle erforderlich. Diese geschieht durch Spülung oder durch Hand- bzw. Maschinenbetrieb. Die Spülung erfolgt durch Regenwasser (natürliche Spülung) oder künstlich durch Spültüren, Spülschieber oder Spülgalerien. Die Spülung wirkt in der Weise, daß plötzlich größere Wassermengen in die Kanäle hineingelassen werden, die entweder von außen, gewöhnlich aus der Wasserleitung zugeführt oder in dem Kanalnetz selbst aus dem Kanalwasser aufgestaut werden. Zum Teil arbeiten diese Spülvorrichtungen automatisch (Selbstspüler), was besonders bei Kanälen mit schlechtem Gefälle und ungünstigem Profil empfehlenswert ist, welche leicht verschmutzen. Andererseits werden in den Revisionsschächten vor dem Mündungsstück des untern Kanalendes Stauklappen (Schieber, Türen) angebracht, hinter denen das Kanalwasser zeitweilig nach Bedarf gestaut und dann plötzlich mit großer Gewalt durch die Kanäle gelassen werden kann. Hierdurch werden die in den Kanälen abgelagerten Schlammmassen mit fortgerissen.

Neben der Spülung der Kanäle ist in regelmäßigen Zeitabständen ihre Reinigung von Hand oder maschinell vorzunehmen. Begehbare Kanäle lassen sich leicht durch Handbetrieb säubern. Bei engen Kanälen erfolgt die Reinigung mittelst Hindurchziehens von Drahtbürsten unter gleichzeitiger reichlicher Wasserspülung.

Eine Infektionsgefahr von Seiten des Kanalwassers im Verlauf der Kanäle selbst ist für die Allgemeinheit, wenn man von Kanalarbeitern usw. absieht, welche direkt ihre Hände mit Kanalinhalt beschmutzen, fast ausgeschlossen. Die Kanalluft ist wiederholt fast keimfrei gefunden worden. Allerdings kann eine gewisse Gefahr durch Infektion des Bodens, etwaiger Brunnen ev. der Reinwasserleitung etc. entstehen, wenn Kanalinhalt infolge Beschädigung, z. B. Rohrbruches der Kanalleitung, in diesen hineingelangt. Letztere Möglichkeiten sind gegeben bei Verletzungen der cementierten Kanäle namentlich durch stark saure Abwässer, bei Bodensenkungen und schließlich vorzugsweise durch Zusammendrücken nicht frostfrei verlegter Kanäle in gefrorenem Boden.

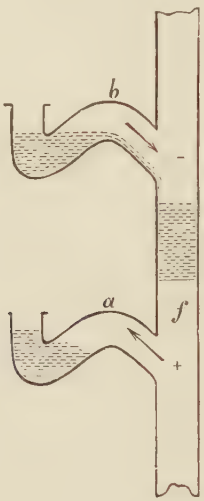
Der Austritt von stinkenden Gasen aus den Kanälen wird am besten dadurch verhindert, daß diese durch gute Spülung sauber gehalten, und eine bereits in dem Rohrnetz beginnende Fäulnis der

Abwässer verhütet wird. Dem Eindringen von Kanalgasen in die Häuser wird durch entsprechende Lüftung der Kanäle erfolgreich begegnet.

Die Hauskanalisation bezweckt die Abführung der Hausabwässer aus dem Bereich der Wohnungen, und zwar auf dem möglichst kürzesten Wege unter Benützung des natürlichen Gefälles.

Die Hausableitungsrohre bestehen gewöhnlich entweder aus Eisen, welches innen und außen asphaltiert wird, oder aus Bleirohr. Außer dem Hause, in der Erde bis zum Anschluß an den Straßenkanal, verwendet man in der Regel glasierte Tonröhren.

Abbildung 163.



S-förmig gekrümmter Siphonverschluß.
a „Brechen", b „Leersaugen" des Verschlusses (nach Rubner).

Die Aufnahmestellen für die Abwässer in den Wohnungen, die Ausgußbecken, Wasserbecken, Badewannen, Aborttrichter, Pissoire etc. werden gegen die Hausableitungsrohre durch Einschaltung von Siphons oder Trabs d. h. einen Wasserverschluß abgeschlossen, um das Eindringen von Gasen aus dem Kanalnetz in die Wohnungen zu verhindern. Der Siphon besteht in einer S-förmigen Krümmung des abführenden Rohres unmittelbar unter dem Ausgußbecken etc. (Abb. 163).

Durch die in der Krümmung des Siphons zurückbleibende Wasserschicht, für welche im allgemeinen eine Höhe von etwa 5—10 cm genügt, werden die Kanalgase abgehalten. (Geruchsverschluß). Die Siphons der Ausgüsse sind an dem Scheitel ihrer

Krümmung mit einer Verschraubung versehen, deren Lösung die Entfernung etwaiger Verstopfungen aus ihnen gestattet.

Unter besonderen Bedingungen kann entweder ein „Leersaugen“ oder ein „Brechen“ des Siphonverschlusses stattfinden.

Das Leersaugen ist möglich, wenn die Abfallrohre, an die der betr. Siphon angeschlossen ist, nicht die der abzuführenden Wassermenge entsprechende Weite besitzen. Das Rohr „läuft“ dann, wenn sein ganzer Querschnitt durch das abfließende Wasser ausgefüllt ist, „voll“, und die in dem Rohr herabschießende Wassersäule wirkt wie ein Spritzenstempel ansaugend und reißt hierbei die verhältnismäßig geringe im Siphon stehende Wassersäule aus diesem heraus. (Abb. 163 b). Ein Durchbrechen des Siphons kann andererseits umgekehrt zustande kommen, wenn eine im Rohr herabstürzende Flüssigkeitssäule die Luft in ihm stark komprimiert, oder wenn bei plötzlicher starker Füllung der Kanäle z. B. bei Regengüssen und gleichzeitiger mangelhafter Ventilation dasselbe geschieht. In solchen Fällen werden die Kanalgase durch den Wasserverschluß hindurch geschleudert (Abb. 163 a).

Das Leersaugen und Durchbrechen des Siphons lassen sich am besten verhüten durch die Führung der nicht zu engen Fallrohre in gleicher Stärke über Dach. Die Siphons müssen relativ tief gekrümmt und nicht zu weit sein. Eine Wassersäule von 10 cm Höhe widersteht im allgemeinen den genannten unangenehmen Einflüssen des Luftdruckes.

Außer dem S-förmigen Siphon sind noch andere Siphonverschlüsse konstruiert worden, welche ein Leersaugen verhüten sollen, z. B. der verbesserte Renksche Wasserverschluß. Dieser besteht aus einem unter dem Abguß angebrachten zylindrischen Kästchen mit einem luftdicht schließenden Deckel. Durch diesen führen zwei Zuleitungsrohre aus dem Ausguß in das Kästchen bis fast an seinen Boden. Durch den Kastenboden nach oben führend bis nahezu an den Deckel des Kästchens ragt das aus dem Siphon ableitende Rohr. Es entsteht durch diese Anordnung in dem Kästchen eine relativ hohe Wasserschicht, welche nicht durchbrochen wird. Der Siphon wird außerdem bei jeder Benützung wieder gefüllt, selbst für den Fall, daß aus dem Abfallrohr Luft angesogen wird. Der Renksche Siphon beruht demnach auf demselben Grundsatz wie der Siphon von L. Schwarz für Bodenentwässerung (Abb. 158).

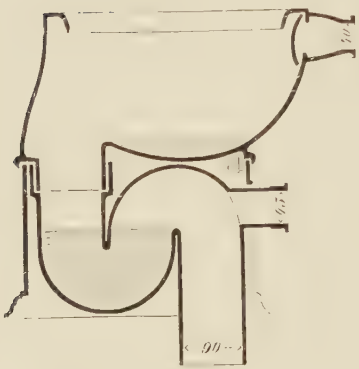
Lissauer suchte das Leersaugen der Siphons dadurch zu vermeiden, daß er die Siphonverschlüsse selbst von ihrem höchsten Punkt aus durch ein über Dach geführtes besonderes Ventilationsrohr entlüftete. Hierdurch lassen sich Druckschwankungen im Siphonverschluß mit Sicherheit verhindern, da bei Vollaufen des Abfallrohres nun nicht das Siphonwasser, sondern die Luft des Ventilationsrohres angesogen wird.

Bei den Wasserklosetts ist in der Regel ein Leersaugen der Siphonverschlüsse nicht zu befürchten, da die Abfallrohre der Klosetts im allgemeinen relativ weit und gut ventiliert sind. Die Vorzüge gut konstruierter Wasserklosetts allen anderen Klosettsystemen gegenüber bestehen der Hauptsache nach in den beiden folgenden Punkten: Erstens ist die Möglichkeit vorhanden, durch sofortige kräftige Wasserspülung die Klosetttrichter, welche bei modernen Klosetts in der Regel frei aufgestellt sind und aus Fayence bestehen, von den an ihren Wänden haftenden Fäkalienresten zu befreien. Zweitens werden die Fäkalien selbst durch das Spülwasser sofort durch den unter jedem Abort-

trichter angebrachten geruchsdichten Wasserverschluß hindurch mittelst Abführung in das Kanalsystem unschädlich beseitigt.

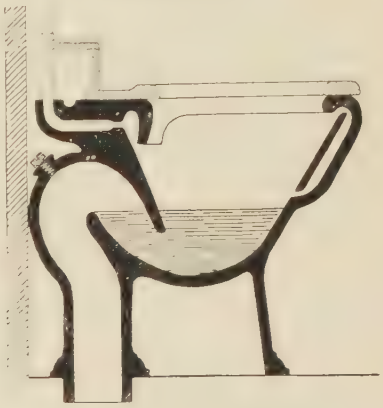
Man kann mehrere Grundtypen von Wasserklosetts voneinander unterscheiden.

Abbildung 164.



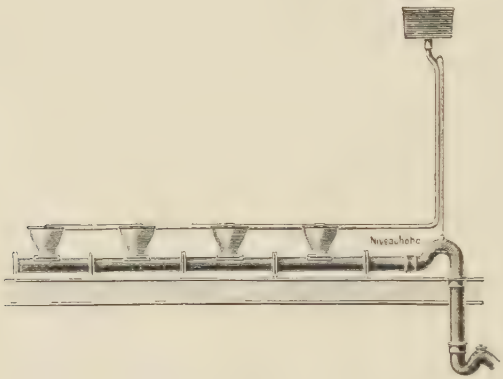
Washout-(Ausspül-)Klosett.

Abbildung 165.



Niederspül-(Washdown-)Klosett.

Abbildung 166.



Schwemmklosettanlage (System Kullmann u. Lina) mit automatischer Spülvorrichtung.

Einfache Siphon — Trichterklosetts, bestehend aus trichterförmigem Becken mit Holzbekleidung und angeschlossenem S-förmigen Siphon: die Wasserspülung der Trichterwand erfolgt in tangentialer Richtung durch Oeffnen eines selbst schließenden Hahnes mittels Zuges oder Druckes.

Eine Abart des einfachen Siphonklosetts ist das sog. Zungenklosett, bei welchem eine nach hinten stehende Zunge am unteren Rand des Beckens den Siphon verdeckt. An der Zunge haften leicht bei ungenügender Spülung antrocknende Kotteile.

Das sog. „Pfannen-, Klappen- oder Beckenklosett“, bei welchem der Klosetttrichter unten durch eine Klappe, die eine geringe Menge Wasser

hält, geschlossen ist. Durch Zug erfolgt Wasserspülung des Trichters und Oeffnen der Klappe gleichzeitig, wobei die Fäkalien in ein zweites vor dem Abfallrohr eingeschaltetes Becken (Stinktopf) hineinfallen. Da dies letztere schwer rein zu halten ist, so verbreiten diese Klosetts häufig üble Gerüche. Sie sind daher hygienisch nicht besonders empfehlenswert und zur Zeit nur noch wenig im Gebrauch.

Klosetts mit konstantem hochstehenden Wasserniveau: Bei dem Schüssel- oder Washout- (Ausspül-) Klosett (Abb. 164) ist der hintere Teil des Trichters zu einer flachen, stets mit einer etwa 3 cm hohen Wasserschicht bedeckten Schüssel ausgebildet, aus welcher die hineinfallenden Fäkalien durch einen kräftigen Wasserstrahl in den Siphon entleert werden. Bei dem Niederspül- (Washdown) Klosett (Abb. 165) fallen die Fäkalien unmittelbar in den Siphon hinein, aus dem sie weiter in das Abfallrohr gespült werden. Durch Erweiterung der Trichterwände nach unten wird eine größere und tiefere Menge Wasser zum Auffangen der Fäkalien sowie die möglichste Vermeidung der direkten Beschmutzung der Klosetttrichterwand mit Fäkalien erreicht.

In Kasernen legt man für die Mannschaften ebenso wie in Schulen, Fabriken usw. auch bei Wasserspülung der Klosetts Massenaborte an, welche entweder selbsttätig intermittierend oder zu bestimmten Stunden von einem Wärter durch Aufdrehen eines Hahnes gespült werden.

Bei der sog. Schwemmklosettanlage (System Kullmann und Lina, L. Schwarz), welche in Kasernen vielfach im Gebrauch ist, werden die Fäkalien, wie aus der Abb. 166 ersichtlich, aus einer Reihe von Klosetttrichtern in stets mit Wasser gefüllten Sammelröhren aufgefangen und entweder durch Oeffnen eines Ablaßventils oder durch selbstätige intermittierende Spülung in das Kanalsystem etc. entleert. Der intermittierende Betrieb erfolgt durch Spülung aus einem Wasserbehälter mit Zulauf und selbstschließendem Ventil automatisch, wobei der Inhalt des Sammelrohrs gleichzeitig durch negativen Druck abgesogen wird. In der Abbildung ist das Sammelrohr über dem Fußboden verlegt. Dieses ist der leichteren Zugänglichkeit wegen empfehlenswert. Durch Einschaltung von Zwischenrohren läßt sich das Sammelrohr auch unter dem Fußboden anordnen. Diese Klosettanlagen haben den hygienischen Vorteil, daß sie infolge der selbsttätigen Spülung stets sauber sind. Infolge der Abkühlung des Kots in der relativ großen Wassermenge der Sammelrohre verliert sich in kurzer Zeit der charakteristische Kotgeruch.

Die Spülung der Wasserklosetts darf niemals direkt durch unmittelbaren Anschluß der Reinwasserleitung (Zweigrohr) an den Klosetttrichter erfolgen, weil hierbei die Gefahr der Ansaugung von Klosettinhalt in die Reinwasserleitung infolge negativen Druckes in der letzteren z. B. beim Abstellen, Ablaufenlassen usw. oder bei schwachem Druck nicht ausgeschlossen ist. Um dem zu begegnen, schaltet man Rohrunterbrecher ein, oder man richtet noch besser, wie es bei modernen Klosettanlagen jetzt stets geschieht, eine Spülung mittels eines zwischen Klosett und Reinwasserleitung geschalteten Spülkastens für 5—10 Liter mit Schwimmerhahn ein. Hierbei ist jede Gefahr der Ansaugung von Klosettinhalt ausgeschlossen.

B. Das Trennsystem.

Bei dem „Trennsystem“ werden in den Kanälen nur die Haus- bzw. Fabrik- usw. Abwässer und die Fäkalien abgeleitet (Trockenabfluß), während die Regenwässer getrennt hiervon entweder in ober-

flächlichen offenen oder bedeckten Rinnen oder in eigenen Kanälen auf kürzestem Wege dem nächsten Vorfluter zugeführt werden. Mit dem Regenwasser gelangt der Straßenschmutz in den Vorfluter. Besondere hygienische Bedenken können hiergegen kaum erhoben werden, da ein großer Teil des abgeschwemmten Schmutzes, wenigstens die groben Sink- und Schwimmstoffe, durch vor den Einlässen eingebaute Sandfänge und Gitter abgefangen werden können. Außerdem enthält der Straßenschmutz außer anorganischem Material als organischen Hauptbestandteil fast nur den, wenigstens in infektiöser Beziehung, relativ ungefährlichen Pferdedung. Eine Verschmutzung der Vorfluter durch den innerhalb der Städte hineingeführten Straßenschmutz ist nicht zu befürchten, wenn man bedenkt, welche großen Massen von Schmutz, Sand und abgeschwemmtem anderen Material ihnen außerhalb der Städte durch starke Regengüsse zugeführt werden.

Das Trennsystem bietet dem Mischsystem gegenüber verschiedene Vorteile. Für gewöhnlich wird die ganze Kanalisationsanlage erheblich billiger, weil wegen der geringeren Abwassermenge kleinere Kanäle verwendet werden können. Aus demselben Grunde genügen bei maschineller Hebung der Abwässer auf etwa nötig werdenden Pumpstationen schwächere und deshalb billigere Maschinenanlagen. Ferner werden Notauslässe in den Vorfluter vermieden. Ein nicht unwesentlicher Vorteil ist schließlich die sich fast stets gleichbleibende Menge des endgültig zu beseitigenden Abwassers. Hierdurch wird bei nötig werdender weiterer Behandlung der Abwässer in Kläranlagen ein einigermaßen gesicherter Betrieb gewährleistet, weil bei der Größenbemessung und dem Betrieb dieser Anlagen von vornherein nicht mit plötzlich eintretenden großen Schwankungen der Abwassermengen bei heftigen Regengüssen und ihrer Bewältigung gerechnet zu werden braucht.

Die Einrichtung der Trennkanäle, die Lüftung, Spülung usw. erfolgen nach den gleichen Grundsätzen wie beim Mischsystem. Namentlich die Reinhaltung der Kanäle durch periodische Reinwasserspülungen muß sehr sorgfältig sein, da die natürliche Spülung durch Regengüsse wegfällt, und die Abwässer beim Trennsystem im allgemeinen etwas konzentrierter sind.

3. Das Liernursche pneumatische System

gehört ebenfalls zu den Kanalisationssystemen. Nur die Fäkalien allein werden aus den Aborten durch ein luftdichtes Rohrnetz nach einem Sammelbehälter bzw. einer Zentralstation hin unterirdisch abgesaugt. Hier werden sie zu Dünger (Poudrette) verarbeitet.

Die Klosettbecken enden bei dem Liernursystem in einem Siphonverschluß. Bei Füllung dieses Siphons mit Fäkalien und Wasser wird durch die zungenartig gebogene hintere Klosettbeckenwand ein Verschluß gebildet. Die Entlüftung des Klosetts erfolgt durch Führung der Fallrohre über Dach. Diese stehen ebenfalls durch einen Siphon mit dem Hauskanal in Verbindung, und letzterer führt wiederum in unter dem Straßenniveau eingelegte Sammelbehälter bezw. endet direkt in die Hauptkanäle. Die Aborttrichter und Hauskanäle werden ein- bis zweimal täglich pneumatisch entleert. Nachdem zu diesem Zweck die Mündungen der Hauskanäle zum Straßenrohr geschlossen sind, wird der Sammelbehälter luftleer gepumpt, worauf nach Oeffnen der Hausleitungsverschlüsse der Inhalt der Hauskanäle in den Sammelbehälter angesaugt wird. Von hier aus werden die Fäkalien nach der Zentrale befördert.

Das System hat sich, wo es bisher eingeführt ist, nicht bewährt. Der Uebertritt von Abortgasen in die Wohnungen ist nicht sicher zu verhüten, und häufiger finden infolge Verstopfungen der Hauskanäle und Abfallrohre unangenehme und ekelhafte Ansammlungen von Fäkalien in den Aborttrichtern statt, zumal da eine Wasserspülung nicht immer gestattet ist. Ein besonderer Vorteil des Verfahrens soll die unverdünnte Beschaffenheit der Fäkalien sein, wodurch diese zur landwirtschaftlichen Verwertung ganz besonders geeignet und wertvoll sein sollen. In Amsterdam, welches das Verfahren seit einer Reihe von Jahren in einem Teil der Stadt eingeführt hatte, hat man sich wegen der vielfachen hierbei zutage getretenen Mißstände zum Uebergang zu einem anderen System entschlossen. Hierzu kommt, daß auf eine wirkliche Rentabilität der Poudrettefabrikation und rationelle landwirtschaftliche Verwertung der Fäkalien in größeren Städten nicht zu rechnen ist. Vom hygienischen Standpunkt bedenklich ist ferner der Umstand, daß die an Infektiosität den Fäkalien nicht nachstehenden Hausabwässer nicht mit abgeführt werden.

Auf demselben Prinzip wie das Liernursystem beruht das Berliersche Verfahren, bei welchem jedoch Wasserspülung der Klosetts in größerem Umfange gestattet ist.

Auch bei dem Shoneschen (Mertenschen) System findet eine unterirdische pneumatische Beförderung der Fäkalien, und zwar hier mit Einschluß der Hausabwässer statt. Diese gelangen in etwa 0,5—1,5 cbm fassende eiserne Töpfe (Ejektoren) und werden von hier nach Füllung des Topfes mittelst Druckluft durch ein Entleerungsrohr in die Zentrale getrieben. Das Shonesche Verfahren stellt also bereits den Uebergang zur Schwemmkanalisation dar, nur daß statt des natürlichen Gefälles künstliche Entleerung der Kanäle vorgesehen ist.

Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhange schließlich noch das ursprünglich in Amerika im Gebrauch befindliche Waringsche Verfahren, welches nichts weiter ist als eine Schwemmkanalisation unter Ausschluß der Regenwässer und deshalb Verwendung engerer Kanäle, also ein Verfahren nach dem sog. Trennsystem, welches heute bereits vielfach auch in Deutschland eingeführt ist.

II. Die hygienische Bewertung der Kanalisation.

Nur durch eine sorgfältige Kanalisation mit Einschluß der Fäkalien wird im allgemeinen eine weitgehende Sicherheit für die nach jeder Richtung hin gründliche und schnelle Beseitigung dieser Abfallstoffe

gewährleistet. Für kleinere Verhältnisse mag vielfach ein Abfuhrsystem der Fäkalien hygienisch einwandfrei durchführbar sein, für größere Städte kann es heute nicht mehr als rationell gelten. Erinnert sei hier an das Beispiel Dresdens. Im Jahre 1896 wurde vor der Einführung der Kanalisation daselbst, wie Niedner[1]) mitteilt, die Hälfte aller Unratstoffe infolge mangelnder Abnahme durch die Landwirtschaft ohne jegliche Reinigung oder Klärung der Elbe übergeben. Im Jahre 1893 mußten sogar $^3/_4$ sämtlicher Abfallstoffe auf diesem wenig hygienischen Wege beseitigt werden. Aehnliche Erfahrungen haben wohl andere größere Gemeinwesen ebenfalls gemacht. Größere Städte haben sich daher im Laufe der letzten Jahrzehnte immer häufiger, oft unter Anwendung erheblicher Kosten, entschlossen, von der ursprünglichen Abfuhr der Fäkalien zur Schwemmkanalisation überzugehen.

Es ist unverkennbar, in wie hervorragend günstiger Weise diese Maßregel auf das Sinken der Morbidität und Mortalität an Infektionskrankheiten, im besonderen auf das Zurückgehen des Abdominaltyphus eingewirkt hat.

Nach Rubner (6) betrug z. B. in Hamburg vor Einführung der Kanalisation (1831—44) die Typhusmortalität 48,5 pM., nach ihrer Fertigstellung (1862—71) dagegen nur 18,3 pM. Die Anzahl der Todesfälle an Typhus sank in Danzig von durchschnittlich 70 jährlich (1863—71) vor Einführung der Kanalisation auf durchschnittlich 27 nach ihrer Beendigung. In München ging sogar nach Durchführung der Kanalisation die Sterblichkeitsziffer um das Fünfzigfache zurück. In Berlin schließlich kamen auf 1000 Gestorbene 23,05 Typhusfälle in den Jahren 1871—80, nach Durchführung der Kanalisation von 1881—90 dagegen durchschnittlich nur 7,13 Typhusfälle (Weyl) (8).

Diese Assanierung der Städte durch die Kanalisation ist weniger auf die geringere Bodenverseuchung, als vielmehr in erster Linie darauf zurückzuführen, daß die schnelle und unschädliche Beseitigung der Abfallstoffe in kanalisierten Städten die Infektionsgefahr, hauptsächlich durch Kontakt, wesentlich herabsetzt.

III. Die endgültige Beseitigung der Abwässer.

Neben der Versorgung mit einwandfreiem Trinkwasser ist die unschädliche endgültige Beseitigung der Abwässer eine der wichtigsten

1) Nach Gärtner und Rubner, Arb. a. d. Kaiserl. Ges.-Amt. 1903. Bd. 19.

1. Charakter der Abwässer

In dem Hauptsammelkanal eines städtischen Rohrnetzes, welches alle abschwemmbaren Stoffe aufnimmt, stellen die städtischen Abwässer [illegible] werden können, und zuweilen vereinzelte Kotballen vorüberziehen sieht. Der größte Teil des Papiers und der festen Exkremente ist durch die Reibung an den Kanalwänden bereits mechanisch zerkleinert worden.

Frisches Kanalwasser hat einen widerlich-süßlichen, faden Geruch. Der charakteristische Schwefelwasserstoff-Geruch tritt in den Kanälen nur auf, wenn das Abwasser infolge mangelhafter Reinigung des Rohrnetzes oder sehr großer Länge des Kanalsystems bereits frühzeitig in diesem zu faulen begann.

Die chemische Zusammensetzung des Kanalwassers ist sehr verschieden, je nach der Herkunft und Beschaffenheit der in die Kanäle eingeleiteten Abwässer. Den größten Einfluß auf die Zusammensetzung des Kanalwassers besitzt die Zuleitung der Abwässer aus [illegible] Bezirken. In hygienischer Beziehung am wichtigsten ist [illegible] Substanzen, welche das Faulen der Abwässer bedingen.

Aus nachstehender Tabelle (S. 372) ergibt sich einerseits, daß die chemische Zusammensetzung der Abwässer mit und ohne Einschluß der Fäkalien nicht erheblich verschieden ist. Wie bereits oben erwähnt, gelangen auch bei der Spülkanalisation stets Kot und Harn, sei es durch verbotenen Anschluß der Klosetts an die Kanalisation, sei es durch Spülen der Nachtgeschirre usw., in die Kanäle. Bei der Schwemmkanalisation macht sich andererseits die verhältnismäßig geringe Menge der von den Fäkalien stammenden organischen Stoffe infolge der starken Verdünnung der Abwässer durch das gleichzeitig miteingeleitete Spülwasser der Klosetts nicht besonders bemerkbar. Ferner ist aus den in der Tabelle gegebenen Zahlen der außerordentlich hohe Gehalt der industriellen Abwässer an fäulnisfähigen organischen Substanzen deutlich ersichtlich.

In weitem Maße das Wasser von dem Augenblick an, in dem es die Reinwasserleitung verläßt, sich auf dem Wege durch die menschlichen Wohnstätten mit organischen fäulnisfähigen Substanzen

Auf 1 Liter berechnet enthalten mg:

	Suspendierte Stoffe			Gelöste Stoffe						
	Gesamtgehalt	Anorganisch	Organisch	Gesamtgehalt	Gesamtstickstoff	Organischer Stickstoff	Ammoniak	Chlor	Salpetersäure	
Berliner Kanalwasser . .	536	209,5	326,6	850	86,7	—	—	167,5	0	
Kanalwasser von Frankfurt a. M.	1298	377,5	918,5	2250	120	62	31,5	—	—	
Kanalwasser von Essen . .	540	283	257	1020	—	7	34	—	—	
Englisches Kanalwasser aus einer Anzahl von Städten mit Schwemmkanalisation (Durchschnitt) .	447	242	205	722	77,3	22,1	67	105,6	0	
Englisches Kanalwasser aus einer Anzahl von Städten mit Abfuhr d. Fäkalien	391	178	213	824	64,5	19,8	54	115,4	0	
Wollwäscherei, 6 Proben .	5930— 33 612	—	—	3240— 14 113	—	85— 375	7— 400	—	—	Stark sauer, sehr viel Fett.
Färbereien, 3 Proben . .	540— 5962	—	—	1390— 2840	—	220— 520	1—4	—	—	
Gerbereien, 4 Proben . .	1010— 5320	—	—	2140— 9880	—	52— 304	24— 159	—	—	Stark alkalisch.

beladet, geht aus folgender Zusammenstellung hervor, in der nur die gelösten Stoffe berücksichtigt sind.

Es enthielten im Liter mg (nach Dunbar) in

	Reinwasserleitung			Abwasser (gelöste Substanzen)		
	Oxydierbarkeit $KMnO_4$-verbrauch	Sauerstoffverbrauch	Freies Ammoniak	Oxydierbarkeit $KMnO_4$-verbrauch	Sauerstoffverbrauch	Freies Ammoniak
Freiburg i. B. .	1,1	0,3	—	146,1	36,5	66,7
Frankfurt a. M. .	0,8	0,2	—	132,0	32,9	31,5
Wiesbaden . .	1,6	0,4	—	160,9	40,0	37,0
Halle	4,5	1,1	Spur	792,0	198,0	89,1
Essen	1,4	0,4	—	376,4	94,1	34,2
Berlin	27,7	6,9	Spur	333,7	83,4	39,5

In den Abwässern sind Bakterien in der Regel sehr reichlich vorhanden, und zwar in 1 ccm oft bis zu mehreren Millionen meist saprophytischer Art. Stets findet sich, durch die menschlichen und tierischen Exkremente hineingelangt, in großer Anzahl Bact. coli in den Abwässern. Von pathogenen Arten, welche ebenfalls mit den Darmentleerungen, teils auch mit dem Harn von den Abwässern aufgenommen werden können, kommen für die Infektion des Menschen in erster Linie die Erreger der infektiösen Darmerkrankungen Cholera,

Unterleibstyphus, Paratyphus, Ruhr und zuweilen der sogenannten Weilschen Krankheit (akuter fieberhafter Ikterus), deren Aetiologie noch nicht geklärt ist, in Betracht.

2. Die Einleitung in die öffentlichen Gewässer. Selbstreinigung der Gewässer.

Man steht heute allgemein auf dem Standpunkt, daß die natürlichen Rezipienten für die Abwässer die öffentlichen Gewässer, im besonderen die Flußläufe sind, allerdings unter der Voraussetzung, daß bezüglich der Vorbehandlung der Abwässer vor der Einleitung in die Flußläufe gewisse Bedingungen erfüllt werden, von denen weiter unten ausführlich die Rede sein wird. Diese Bedingungen sind in erster Linie von den örtlichen Verhältnissen des „Vorfluters," d. h. des die Abwässer aufnehmenden Wasserlaufes abhängig.

Am einfachsten gestaltet sich das Verfahren, wenn die Einleitung in einen wasserreichen, schnell fließenden Strom erfolgen kann. Diese Beseitigungsart der Abwässer, und zwar ohne jegliche Klärung, ist von alters her überall von günstig gelegenen Städten geübt worden, ohne daß eine äußerlich bemerkbare Verschmutzung der Wasserläufe eingetreten wäre. Die Ursache dieser nahezu unbegrenzten Aufnahmefähigkeit größerer Wasserläufe für die in den Abwässern vorhandenen suspendierten und gelösten fäulnisfähigen Stoffe ist in der sogenannten Selbstreinigung der Gewässer zu suchen.

Diese Eigenschaft der Gewässer, sich auf natürlichem Wege der ihnen zugeführten Schmutzstoffe selbst wieder zu entledigen, wird nach den heute geltenden wissenschaftlichen Anschauungen, die indes wohl auch noch nicht als in jeder Beziehung abgeschlossen zu betrachten sein dürften, hauptsächlich auf folgende teils physikalische, teils chemische und biologische Vorgänge zurückgeführt.

1. Die suspendierten Stoffe sinken durch Sedimentation zu Boden und reißen einen großen Teil der an ihnen haftenden Bakterien mit sich nieder. Diese Sedimentierung ist wahrscheinlich einer der wichtigsten Faktoren bei der Selbstreinigung.

2. Nicht minder wichtig ist die weitgehende Verdünnung des Abwassers mit Fluß-, Grund- usw. Wasser, die noch durch das Hinzutreten von Nebenflüssen usw. begünstigt wird.

3. Durch den aus der Luft von dem Wasser absorbierten Sauerstoff findet eine teilweise Oxydation der organischen Substanzen, entsprechend dem Mineralisierungsprozeß in dem Erdboden statt, d. h. Ammoniak wird in salpetrige Säure und Salpetersäure verwandelt.

4. Findet im Wasser eine Aufnahme und Zerlegung anorganischer

und organischer Stoffe durch lebende Wesen statt. Hierzu sind zu rechnen niedere Tiere, wie Flagellaten usw., grüne und chlorophyllose Pflanzen und die Wasserbakterien.

Der Selbstreinigungsprozeß ist, wie alle biologischen Vorgänge, zum Teil von der Höhe der Temperatur abhängig. Außerdem aber haben die Strömungsgeschwindigkeit, Wassermenge, Art der Verunreinigung, Ufer- und Bodenbeschaffenheit der Gewässer naturgemäß ebenfalls einen nennenswerten Einfluß.

Hieraus ergibt sich von selbst, daß z. B. die Aussichten der Selbstreinigung bei einem grossen, wasserreichen mit starker Geschwindigkeit strömenden Fluß sehr viel günstiger sein müssen als bei einem wasserarmen, träge fließenden Bach oder gar einem verhältnismäßig kleinen Teich.

Unter günstigen Bedingungen ist im allgemeinen der Verlauf der Selbstreinigung ein verhältnismäßig schneller. Sie wird als beendet angesehen, wenn die chemische und bakteriologische Beschaffenheit des Flußwassers unterhalb der Einleitungsstelle der Schmutzwässer wieder der ursprünglich vor der Einleitung vorhanden gewesenen etwa gleich ist. Nach an dem Wasser der Isar in München und der Oder in Breslau gemachten Beobachtungen war in diesen beiden Flüssen die Selbstreinigung nach etwa 35 km in 15 Stunden beendet, wobei jedoch zu bemerken ist, daß die bakteriologische Verunreinigung im allgemeinen noch auf größere Flußstrecken hin deutlich durch Erhöhung der Keimzahl nachzuweisen ist. Nach Prausnitz (11) verschwanden von den der Isar in München zugeführten Bakterien nur etwa 50 pCt. in 8 Stunden auf eine Strecke von 20 km. Während das Isarwasser oberhalb Münchens nur 305 Keime in 1 ccm aufwies, fanden sich in Freising, 33 km unterhalb Münchens, immer noch über 3000 Keime.

Wie verhalten sich nun die pathogenen Bakterien im Flußwasser? Im allgemeinen kann man annehmen, daß ein großer Teil von ihnen sehr bald zu grunde gehen wird, weil das Wasser keinen ihnen zusagenden günstigen Nährboden darstellt. Sobald letzteres dagegen organische Substanzen in größerer Menge enthält, bleiben auch in der Regel die pathogenen Bakterien in ihm längere Zeit lebensfähig (R. Koch).

Besonders günstig liegen die Verhältnisse für die pathogenen Darmbakterien, wenn sie in sogenannten Nahrungszentren, Schleimflocken usw. in das Wasser hineingelangen. Jedenfalls muß man damit rechnen, daß ein Teil derselben unter günstigen Bedingungen tagelang lebensfähig bleiben kann. Besonders lange scheinen sie sich auch

im Schlamm und im Eis zu halten. Vergl. im übrigen die Abschnitte „Wasserversorgung“ und „Epidemiologie“.

Gelangen infektionsfähige Krankheitserreger in das Flußwasser hinein, so wird in erster Linie immer nur dann eine Gefahr bestehen, wenn das Flußwasser als Trink-, in zweiter Linie wenn es als Brauchwasser benutzt wird. Im ersteren Falle wird sehr viel mehr infiziertes Wasser vom Körper aufgenommen als gewöhnlich im letzteren. Auch beim Baden (Schluckinfektion) ist die Gefahr verhältnismäßig viel geringer als beim Gebrauch zu Trinkzwecken. Da die Bakterien sich, abgesehen von Verschleppungen durch Flußfahrzeuge, im Flußwasser immer nur strichweise, entsprechend dem Orte des Hineingelangens verbreiten können, so liegt die Hauptgefahr bei Benutzung einer Schöpfstelle in der Nähe des Infektionsortes.

Bei der Beurteilung der Infektionsgefahren, welche von in öffentliche Flußläufe eingeleiteten Abwässern zu befürchten sind, darf allerdings nicht vergessen werden, daß heutzutage rohes unfiltriertes Oberflächenwasser nicht mehr als einwandfreies Trinkwasser anerkannt werden kann. Von diesem Gesichtspunkt aus und namentlich auch in Anbetracht der Tatsache, daß täglich auf den Wasserstraßen Tausende der sog. Flußbevölkerung ihre undesinfizierten Abgänge den Flußläufen übergeben, wird man daher ernsthafte hygienische Bedenken gegen die Einleitung der Abwässer in die öffentlichen Gewässer wegen der hiervon etwa zu befürchtenden Infektionsgefahren nicht erheben können.

Nun hat allerdings die Selbstreinigung der Flüsse an ihrer natürlichen Leistungsfähigkeit eine Grenze. Ueberlastet man kleine Wasserläufe mit Schmutzstoffen, so bilden sich bald üble Zustände in ihnen aus. Namentlich in England war es infolge der massenhaften Einleitung nicht vorbehandelter, große Mengen fäulnisfähiger Substanzen enthaltender Industrieabwässer um die Mitte des vorigen Jahrhunderts in den relativ wasserarmen, kurzen Flüssen zu geradezu unhaltbaren Zuständen gekommen. Diese wurden dann später der Ausgangspunkt der von England aus ursprünglich in Angriff genommenen zahlreichen Methoden der intensiveren Abwasserreinigung.

Wichtig für die Entstehung der Flußverunreinigung sind unter ungünstigen Vorflutverhältnissen in erster Linie die suspendierten organischen Substanzen. Die schwimmfähigen Stoffe werden mit der Zeit an den Ufern abgelagert und gehen dort in Fäulnis über. Die zu Boden sinkenden organischen Substanzen, wie Reste der Fäkalien, Papier, Küchenabfälle, Fleischreste usw., bleiben an ge-

eigneten Stellen, wie Buchten, Wehren u. ä. liegen und geben dort bald zu lebhaften Fäulnisprozessen Veranlassung, die in der Umgebung der Flußufer die Luft verpesten.

Die gelösten organischen Stoffe sind zwar für die Fäulnis selbst weniger gefährlich, da sie in genügend reichlichem Flußwasser bald stark verdünnt werden. Sie stellen indes gute Nährstoffe für eine Anzahl von sog. Abwasserorganismen dar, welche in dem mit organischen Substanzen übersättigten Wasser namentlich wasserärmerer Vorfluter zunächst sehr üppig gedeihen und später durch ihr Absterben selbst wieder die Ursache von Fäulnisprozessen werden. In die Klasse dieser Abwasserpilze gehören die Beggiatoa sowie der Leptomitus lacteus und Sphaerotilus natans.

Die Beggiatoa bildet in ruhigem Wasser auf dem Boden einen zarten grauen Belag, der Pilz ist ein Schwefelwasserstoffbildner. Leptomitus und Sphärotilus gebrauchen zum Wachstum reichlichen Sauerstoff. Leptomitus bildet dicke, weißlich- bis rötlichgraue Ueberzüge an im Wasser befindlichen Gegenständen. Der Sphärotilus tritt in Gestalt von schmutziggrauen, in fließendem Wasser lebhaft flottierenden mächtigen Zotten auf. Beide Pilze wuchern üppig im Winter und sterben im Frühjahr ab, wobei namentlich durch faulende Sphärotilusmassen lebhafte Zersetzungsprozesse im Flußwasser bedingt werden können. Näheres s. im Abschnitt „Wasserversorgung".

Die sinnfällige Verschmutzung der Wasserläufe läßt sich vermeiden, wenn man bei der Einleitung von Kanalwasser auf die Leistungsfähigkeit der Vorfluter bezüglich der Selbstreinigung Rücksicht nimmt. Daß hierbei nicht schematisch vorgegangen werden darf, sondern daß von Fall zu Fall nach den jedesmaligen örtlichen Verhältnissen entschieden werden muß, liegt auf der Hand. Man wird die Erlaubnis zum Einleiten der Abwässer in die Flußläufe nicht etwa grundsätzlich versagen, wie man es früher aus Furcht vor der Flußverunreinigung getan hatte, sondern jedesmal von gewissen zu erfüllenden Bedingungen abhängig machen. Diese sind gegeben durch

1. die Menge und Beschaffenheit des Abwassers;
2. die Mächtigkeit der Wasserführung des Vorfluters, und zwar bei Zugrundelegung des niedrigsten Wasserstandes;
3. die Strömungsgeschwindigkeit des Vorfluters;
4. die örtlichen Verhältnisse des Vorfluters unterhalb der Einlaßstelle der Abwässer.

Nach den jetzt geltenden Grundsätzen, welche in zahlreichen Gutachten des Reichsgesundheitsrats über das Einleiten von Abwässern in die öffentlichen Wasserläufe (12), sowie für Preußen in der Allgemeinen Verfügung betreffend die Fürsorge für die Reinhaltung der Gewässer vom 20. Februar 1901 niedergelegt sind, können für die

Einleitung von ungereinigten Abwässern einschließlich Fäkalien nach einfacher mechanischer Entfernung der gröberen Schwimmstoffe in die Wasserläufe folgende Punkte als maßgebend gelten.

In stehende Gewässer sollen solche Abwässer überhaupt nicht eingeleitet werden, es sei denn, daß es sich um sehr geringe Abwassermengen und sehr große Seen handelt. In solchen Ausnahmefällen hat die Einleitung in großer Entfernung von bewohnten Ufern zu erfolgen.

Die Einleitung in die See darf nicht in der Nähe von Bade- und Waschanstalten bzw. Austernparks erfolgen.

In fließende Gewässer ist die Einleitung gestattet bei reichlicher Verdünnung des Abwassers durch das Wasser des Vorfluters und bei genügender Strömungsgeschwindigkeit des letzteren. Für diese beiden Faktoren lassen sich naturgemäß nicht allgemein gültige Zahlen angeben. Die früher von v. Pettenkofer aufgestellte Mindestforderung der Verdünnung des Abwassers mit dem Flußwasser im Verhältnis von 1 : 15 bei mindestens gleicher Strömungsgeschwindigkeit beider ist nicht überall ausreichend gewesen. In einzelnen Fällen, besonders aber bei sehr konzentrierten Abwässern und solchen aus industriellen Betrieben mit zahlreichen fäulnisfähigen Substanzen wird man gut tun, weitergehende Forderungen zu stellen.

Die Einleitungsstelle muß stets in die Mitte des Strombettes verlegt werden, um eine möglichst schnelle und gründliche Mischung des Abwassers mit dem Flußwasser zu erzielen, welche durchaus nicht immer leicht und schnell erfolgt.

Nicht zu gestatten ist die Einleitung in öffentliche Gewässer dicht oberhalb von Ortschaften, in der Nähe von Bade- und Waschanstalten, Wasserentnahmestellen, der Liegeplätze von Schiffen und Flössen, von Wehren und Mühlgräben, sowie bei nicht regulierten Ufern. Unter Verhältnissen, wo die Einwirkung von Ebbe und Flut in Frage kommt, muß die Einleitung derart erfolgen, daß keine Rückstauung der Abwässer stattfinden kann.

Die unter den genannten Bedingungen in die Vorfluter einzuleitenden nur grob mechanisch geklärten Abwässer sind wegen ihres hohen Gehaltes an gelösten und ungelösten organischen Substanzen noch stark fäulnisfähig und stellen deshalb an die Leistungsfähigkeit des Vorfluters höhere Anforderungen.

Sind die an die Leistungsfähigkeit des Vorfluters zu stellenden Bedingungen nicht erfüllt, so wird eine weitergehende Reinigung des

Abwassers erfolgen müssen, welche nicht nur die suspendierten, sondern auch die gelösten organischen Bestandteile weitgehend aus dem Abwasser entfernt und dieses in ein nicht mehr fäulnisfähiges Produkt verwandelt.

Die wichtigsten Verunreinigungen der Abwässer bestehen aus mineralischen und organischen ungelösten (suspendierten) Stoffen (Schwimmstoffe, Schwebestoffe, Sinkstoffe) und aus mineralischen und organischen gelösten bzw. kolloidalen Substanzen.

Bei den suspendierten anorganischen Verunreinigungen des Abwassers handelt es sich hauptsächlich um Sand und Erde, die gelösten bestehen aus Salzen usw. Die organischen Schmutzstoffe enthalten Stickstoffverbindungen, Fette und Kohlehydrate. Sie sind infolgedessen mehr oder weniger leicht zersetzlich. Mit der Zersetzung (Reduktionsprozeß) gehen die für die Fäulnis charakteristischen Erscheinungen, wie Geruchs- und Gasentwicklung (Schwefelwasserstoff) einher. Durch Zuführung von genügendem Sauerstoff können die zersetzungsfähigen Substanzen in den Abwässern unschädlich gemacht werden, indem sie durch den sich abspielenden Oxydationsprozeß in nicht mehr zersetzungsfähige Körper, z. B. stickstoffhaltige in Nitrite und Nitrate überführt werden. Man spricht dann von einer Mineralisierung dieser Substanzen. Dieser Vorgang spielt sich, wie bereits erwähnt, auch bei der natürlichen Selbstreinigung der Gewässer ab. Durch geeignete Verfahren kann man ihn auch für die künstliche Reinigung der Abwässer nutzbar machen.

Je nach dem künstlich erzielten Reinheitsgrad der Abwässer unterscheiden wir nun

1. die Abwasserklärung, welche ein noch fäulnisfähiges Abwasser liefert, von der

2. Abwasserreinigung, deren Endprodukt nicht mehr fäulnisfähig sein darf.

Die Klärung der Abwässer, d. h. die Ausscheidung ungelöster Stoffe aus denselben wird bewirkt durch

a) mechanische und

b) chemische Verfahren,

die Reinigung, d. h. die Ausscheidung auch der gelösten fäulnisfähigen Stoffe aus den Abwässern durch die

c) sog. biologischen Verfahren.

7. Kapitel.

Die einzelnen Verfahren der Abwasserbeseitigung.

A. Mechanische Klärung der Abwässer.

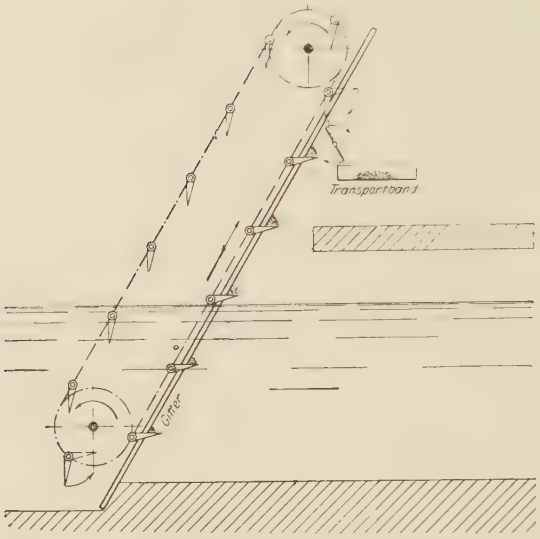
1. Gitter, Rechen, Siebe.

Die einfachste Art der mechanischen Klärung der Abwässer besteht in dem Abfangen der Schwimmstoffe bis zu einer gewissen Größe durch in den Abwasserstrom eingeschaltete Gitter, Rechen oder Siebe. In Deutschland, wo dieses Verfahren wegen der verhältnismäßig günstigen Beschaffenheit der Vorfluter als ausschließliche Behandlung der Abwässer vielfach Anwendung finden kann, hat es sich im Laufe der Zeit zu einer besonderen Methode mit höchsten technischen Leistungen herausgebildet. Es ist überall dort brauchbar, wo als Vorfluter so stark strömende, wasserreiche Flüsse zur Verfügung stehen, daß eine genügende Verdünnung des Abwassers stattfindet, wobei es hauptsächlich nur auf eine ästhetisch wirksame Behandlung des letzteren ankommt. Unter allen Umständen muß jedenfalls hierbei vermieden werden, daß unappetitliche Stoffe, wie z. B. Kotballen, an der Oberfläche des Vorfluters schwimmen oder an den Ufern hängen bleiben.

Die Gitter, welche ursprünglich hauptsächlich vor Abwasserpumpen zur Abhaltung der Sperrstoffe angebracht wurden, bestehen gewöhnlich aus Rundeisen mit gewissen Stababständen, je nach der geforderten Größe der abzufangenden Stoffe. Letztere wurden ursprünglich von Hand abgestrichen. Wird von diesen mechanisch wirkenden Apparaten ein höherer Reinheitsgrad der Abwässer verlangt, wie etwa die Ausscheidung der ungelösten Stoffe bis zu einer Größe von 1—3 mm, so müssen sie naturgemäß sehr bald versagen, weil sich ihre Oeffnungen durch faserige Substanzen, wie Haare, Papierstückchen usw., verstopfen. Man ersann deshalb z. T. sehr komplizierte Apparate, welche unter möglichster Ausschaltung der von Hand zu leistenden Arbeit die suspendierten Stoffe von den Abfangvorrichtungen entfernen sollten. Zunächst konstruierte man bewegliche Gitter, die sich vor einem festmontierten Gitter hin- und herbewegten. Hierdurch wurden die abgefangenen Stoffe weiter zerkleinert.

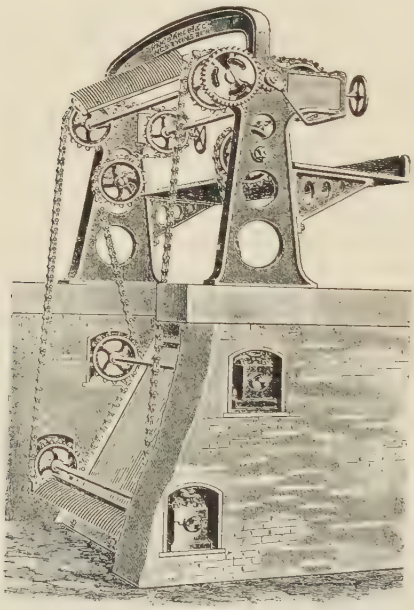
Einen wesentlichen Fortschritt in der Konstruktion derartiger Apparate bedeutete dann später die Kombination von Gittern mit sich automatisch bewegenden Abstreichvorrichtungen, Rechen oder Harken, die mit Zinken in die Oeffnungen der Gitter eingreifen, in automatisch

Abbildung 167.



Automatische Harke (Clichy-Paris) (nach Dunbar, Leitfaden).

Abbildung 168.



Feststehender Klärrechen mit maschineller Abstreichvorrichtung (Ham, Baker & Co., London).

aufsteigender Bewegung die abgefangenen Stoffe von dem Gitter entfernen und gleichzeitig auf eine weitere Vorrichtung zum Abtransport übertragen.

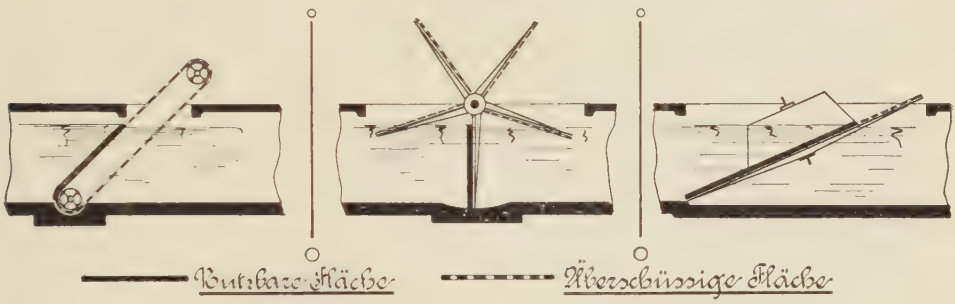
Eine derartige Vorrichtung stellt z. B. die sogen. automatische Harke (Clichy-Paris) dar. (Abb. 167.)

Das Gitter steht in schräger Richtung zum Abwasserstrom; die Zinken der Harke führen die abgefangenen Stoffe bis zu einer Abstreichvorrichtung, welche sie auf ein sogen. Transportband (Paternosterwerk) aufbringt.

In ähnlicher Weise werden nach Metzger die Gitter durch automatisch abstreichende Bürsten gereinigt (Bromberg, Insterburg).

Ein entsprechender englischer Apparat ist in der Abb. 168 wiedergegeben. Es handelt sich hier um einen feststehenden Rechen mit ebenfalls maschineller Abstreichvorrichtung.

Abbildung 169.



Das Prinzip der automatischen Entfernung der abgefangenen Stoffe von den Gittern wurde dann hauptsächlich vom Ingenieur Riensch noch weiter ausgebildet.

Die Rienschschen Rechen stellen im Gegensatz zu den früheren Konstruktionen nicht gerade, sondern kreisbogenförmig in den Abwasserkanal eingebaute Flächen dar, aus deren Zwischenräumen kammähnliche, bewegliche Ausräumer die abgefangenen suspendierten Stoffe auf Transportbänder schaffen. Die Grobrechen haben einen Stababstand von 15 mm, die Mittelrechen von 5—6 mm, die Feinrechen bis zu 3 mm.

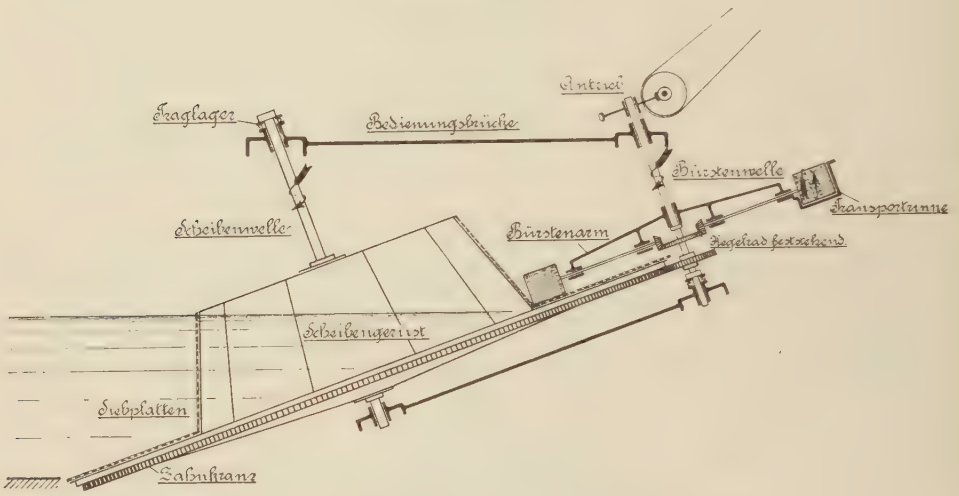
Einen weiteren Schritt in der Ausbildung derartiger Apparate bedeutet die zuerst von Schneppendahl angewandte, später von Riensch aufgenommene Konstruktion der beweglichen Rechen, bei welchen das Gitter nicht wie bei den älteren Konstruktionen feststeht, sondern gegen den Abwasserstrom bewegt wird (Bandrechen, Flügelrechen, Scheibenrechen, Abb. 169). Von diesen 3 Rechenarten hat der Scheibenrechen die größte nutzbare Fläche.

Bei dem Flügelrechen ist die Kanalsohle in Gestalt eines Kreisabschnittes ausgebildet, so daß jederzeit einer der 5 Flügel des drehbaren Rechens das Kanalprofil vollständig abschließt. Die von den Rechenflügeln abgefangenen und herausgehobenen Stoffe werden mittelst Bürste in einer Kipprinne abgestreift.

Die höchste Ausbildung erfuhren diese Abfangvorrichtungen neuerdings in der sog. Rienschschen Separator(Sieb)-Scheibe (Maschinenfabrik F. Wurl-Weißensee-Berlin), welche in den Abbildungen 170 u. 171 wiedergegeben ist.

Diese rotierenden Siebscheiben besitzen einen Durchmesser von etwa 4,5 m. Für den Durchtritt der Schmutzwässer sind Schlitze von 1,5 bis 2 mm Breite und 30 mm Länge vorgesehen. Die Scheibe der Dresdener Versuchsanlage (Abbildung 171) bewältigte 400—700 Sekundenliter Abwässer.

Abbildung 170.



Schematische Darstellung einer Rienschschen Siebscheibe.

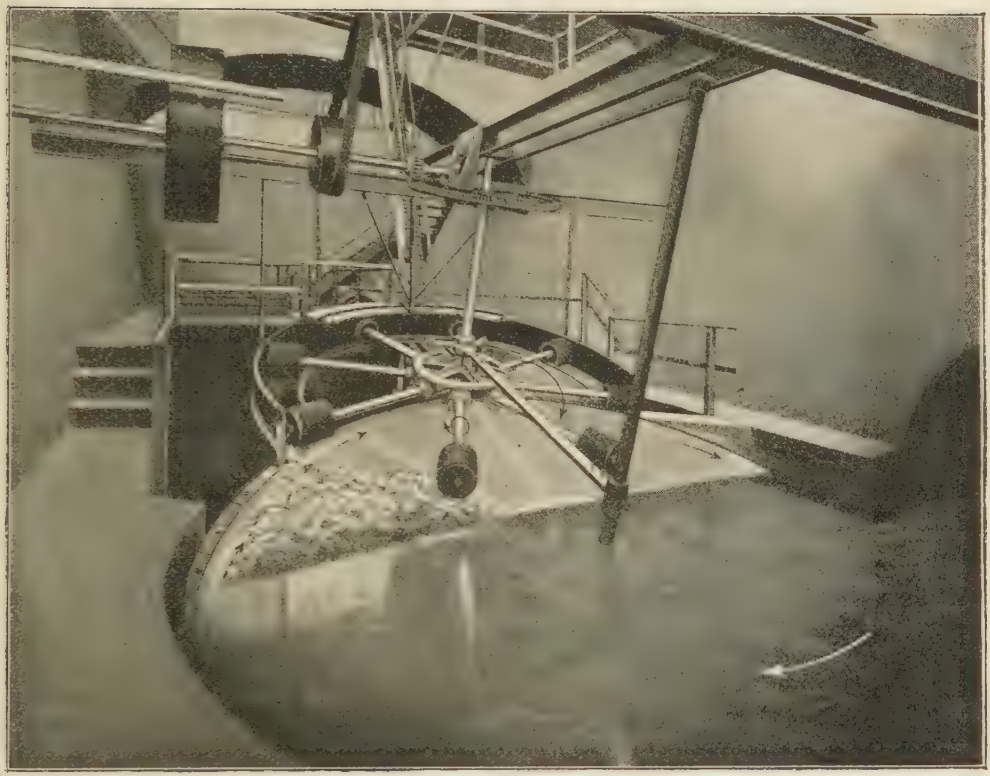
Mittels der mechanischen Abfangvorrichtungen ist es nach Dunbar (10) im besten Falle nur möglich, 20—25 pCt. der ungelösten Stoffe aus dem Abwasser auszuscheiden. Die übrige Menge der suspendierten Substanzen besteht aus so feinen Teilchen, daß sie auch durch die feineren Abfangvorrichtungen ungehindert hindurchgehen.

2. Sandfänge, Absitzbecken, Klärbrunnen, Fettfänge, Faulverfahren.

Sandfänge.

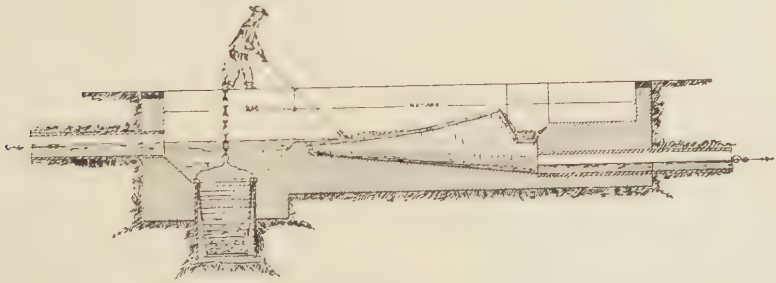
Sobald die Strömungsgeschwindigkeit des Abwassers plötzlich stark verlangsamt wird, sinkt ein gewisser Teil der suspendierten Stoffe, namentlich aber die gröberen Sinkstoffe, in dem Abwasserstrom bald zu Boden. Auf dieser Erfahrung beruht zunächst die Konstruktion der Sandfänge, welche sich heute fast ausschließlich mit Gittern und Rechen kombiniert finden.

Abbildung 171.



Siebscheibe der Dresdener Versuchsanlage im Betrieb.

Abbildung 172.



Sandfang mit aufsteigender Sohle und Schlammgefäß (nach Dunbar, Leitfaden).

Die älteren Sandfänge stellten einfache runde oder eckige Vertiefungen dar. Später erhielten sie zur Erleichterung der Ausräumungsarbeiten ein gewöhnlich nach der Zuflußseite geneigtes Sohlengefälle (Abb. 172). In diesem Falle sinken Sand und andere schwerere Stoffe unmittelbar an der tiefsten Stelle des Sandfanges sofort nach dem Eintritt des Kanalwassers zu Boden.

Die Entleerung der Sandfänge erfolgt entweder von Hand, durch Absaugen des Schlammes, eingesetzte Schlammgefäße (Abb. 172) oder durch sog. Greifbagger.

Die Sandfänge erhalten gewöhnlich solche Abmessungen, daß die Geschwindigkeit des Abwasserstromes in ihnen bis auf etwa 5 cm in der Sekunde verlangsamt werden kann. Je nach der Menge der suspendierten Bestandteile des Abwassers werden sie nach v. Esmarch (2) gewöhnlich in ihrer Größe auf $^1/_{400}$—$^1/_{10\,000}$ der Abwassermenge berechnet. Meistens durchlaufen die Abwässer den Sandfang wegen der Kürze des zurückzulegenden Weges relativ schnell. In der Regel werden wegen der von Zeit zu Zeit erforderlichen Ausräumungsarbeiten zwei Sandfänge nebeneinander geschaltet, welche abwechselnd in Tätigkeit treten.

Die Sandfänge halten hauptsächlich schwere Sinkstoffe, Sand usw. zurück, die wegen ihres verhältnismäßig geringen Wassergehaltes (nach Dunbar 35 pCt.) gut zu handhaben sind. Die maximale Leistungsfähigkeit der Sandfänge ist nach dem Charakter der suspendierten Stoffe naturgemäß verschieden. Unter günstigen Bedingungen gelingt es, $^1/_{10}$—$^1/_{12}$ der ungelösten Substanzen durch sie aus den Abwässern auszuscheiden.

Absitzbecken.

Aus den Sandfängen entwickelten sich die Absitzbecken, welche ebenfalls wohl fast ausnahmslos zur Zeit mit mechanischen Abfangvorrichtungen, wie Gittern, Rechen usw. kombiniert, und denen in der Regel noch besondere Sandfänge vorgeschaltet sind. Die Wirkung der Absitzbecken beruht auf der noch weitergehenden Verlangsamung des Abwasserstromes durch Einleitung in große flache Becken. Dadurch, daß man das Abwasser für die Dauer mehrerer Stunden fast völlig ruhig in den Becken stehen läßt, gelingt es, mittelst eines rationell durchgeführten Absitzverfahrens 70—80 pCt. der ungelösten Stoffe zur Ausscheidung zu bringen.

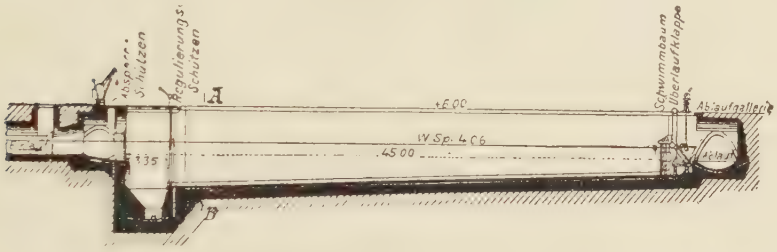
Die Absitzbecken werden zurzeit als sogen. rechteckige Flachbecken konstruiert, als dessen Typus das in der Abbildung 173 wiedergegebene Kölner Klärbecken angesehen werden kann. Sie stellen gemauerte Bassins dar von verschiedener Größe, je nach der gewünschten Durchströmungsgeschwindigkeit. Gewöhnlich haben sie eine Breite von 5 bis 10 m, eine Länge von 25 bis zu 100 m und eine Tiefe von etwa 2 m. Das Sohlengefälle beträgt 1 zu 25 bis 1 zu etwa 80. Das Abwasser durchfließt einen Sandfang und eine Rechenanlage und tritt dann durch einen Einlauf in das Becken, wo es zuweilen unmittelbar

nach dem Eintritt in einen durch Vertiefung der Beckensohle ausgebildeten Pumpensumpf gelangt. Von diesem tritt das Abwasser, häufig unter hölzernen Regulierschützen hindurch, welche den Abwasserstrom hinter dem Pumpensumpf brechen, in gleichmäßiger Verteilung auf die langsam ansteigende Sohle des Beckens. Am Ende des letzteren wird der Abfluß durch einen verstellbaren Ueberlauf geregelt.

Außer dieser Anordnung, wie sie bei den meisten modernen Klärbecken besteht, hat man noch ähnliche Konstruktionen mit eingeschobenen Ueberlaufswänden, hufeisenförmig aneinander geordneten und seitlich zueinander verschobenen Becken ausgeführt. Man ging auch hierbei von dem Grundsatz aus, durch einen langen Weg des Abwassers innerhalb der Becken einen möglichst großen Teil der suspendierten Stoffe auszuscheiden.

Die Gesamtanlage der Klärbecken ist gewöhnlich so angeordnet, daß mehrere Becken nebeneinander vorhanden sind, um bei der stets regelmäßig vorzunehmenden Schlammausräumung zeitweise das zu

Abbildung 173.



Kölner Probeklärbecken (nach Steuernagel).

reinigende Becken, ohne den Betrieb zu unterbrechen, ausschalten zu können (Abb. 192).

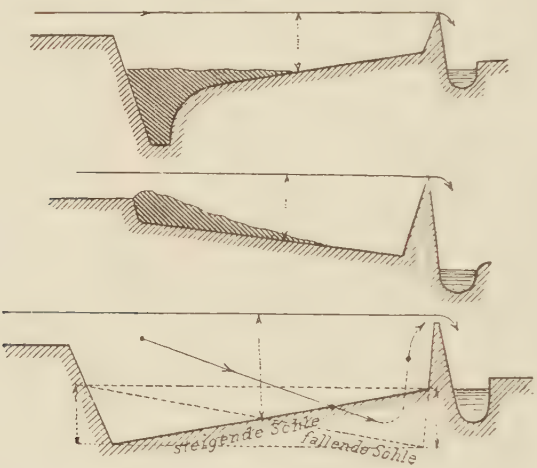
Die Wirkung der Absitzbecken ist abhängig von der Größe, Bauart und Betriebsweise und der Wassergeschwindigkeit. Als Gesamtfassungsraum muß nach Imhoff 0,2—0,3 cbm Raum auf 1 cbm Abwasser (Trockenabfluß) verlangt werden.

In der Regel kann man bei den gewöhnlichen langen Absitzbecken nach den von Steuernagel (14) in Köln ausgeführten grundlegenden Untersuchungen mit einer Durchflußgeschwindigkeit von 20—40 mm pro Sekunde auskommen. Nach diesen Versuchen betrug die Ausscheidung der ungelösten Stoffe bei 4 mm Durchlaufsgeschwindigkeit in der Sekunde (etwa $3^1/_2$ Stunden Aufenthalt des Abwassers im Becken) 72 pCt., bei 20 mm (etwa 37 Min.) 69 pCt. Es zeigte sich also hier kein wesentlicher Unterschied. Dagegen sank die Ausscheidungsmenge auf 58 pCt., sobald die Durchlaufsgeschwindigkeit auf 40 mm (etwa 19 Min.) gesteigert wurde. Die Becken müssen, um eine gute Absitzwirkung zu erzielen, möglichst lang gestreckt und nicht zu tief sein. Sie brauchen nicht gedeckt zu sein, da von dem durchlaufenden frischen Abwasser Geruchsbelästigungen nicht zu erwarten sind. Die Zu- und Ableitung des Wassers ist so anzuordnen, daß das Wasser auf möglichst großem Querschnitt ein- und abfließt, um das Entstehen von Einzelströmungen zu vermeiden.

Bei dem Ausbau der Klärbecken kommt es neben der Größe auch auf die Ausbildung des Sohlengefälles an. Ebenso wie bei den Sandfängen ist es erforderlich, das Gefälle der Sohle zur Zuflußseite hin zu verlegen. Liegt das Sohlengefälle umgekehrt (Abb. 174), so kommt der vorwiegend an der Eintrittsstelle und im ersten Drittel des Beckens abgeschiedene Klärschlamm nicht zur Ruhe, sondern wird durch das frisch hinzutretende Abwasser stets wieder aufgewühlt.

Früher betrieb man das Absitzverfahren in den Flachbecken intermittierend, indem man das Abwasser eine Zeitlang in den Becken stehen und dann vollständig ablaufen ließ. Zur Zeit ist wohl ausnahmslos der sog. kontinuierliche Betrieb eingeführt, bei dem die

Abbildung 174.



Richtige und verkehrte Ausbildung des Sohlengefälles bei Klärbecken (nach Dunbar, Leitfaden).

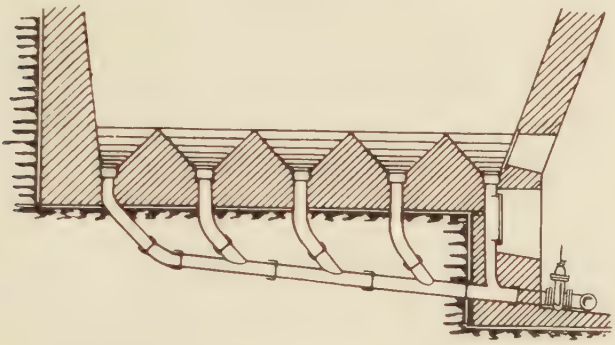
Gefahr des ständigen Wiederaufwühlens des Schlammes bei der Neufüllung des Beckens vermieden, und ein noch besserer Kläreffekt erzielt wird als beim intermittierenden Betrieb.

Gewisse Schwierigkeiten macht beim Absitzverfahren in Flachbecken die Beseitigung des ausgeschiedenen Schlammes. In Becken, in denen Reste faulenden Schlammes zurückgeblieben sind, gehen die frischen Abwässer schon nach kurzer Zeit in Fäulnis über. Da man beim reinen Absitzverfahren ohne Nachbehandlung der Abwässer ihr Anfaulen möglichst vermeiden will, so müssen die Becken im Sommer unter Umständen alle 2—3 Tage, im Winter etwa alle 10 Tage gründlich ausgeräumt und gesäubert werden.

Letzteres geschieht nach Ablassen des Abwassers durch Auspumpen des Schlammes, der noch immer 90—95 pCt. Wasser enthält, und Ausspülen der Becken.

Um die Schlammentfernung so einfach wie möglich zu gestalten, hat man neuerdings Flachbecken konstruiert, welche ein Absaugen des Schlammes gestatten, ohne den Klärbetrieb zu unterbrechen.

Abbildung 175.



Grimmsches Flachbecken (aus Gesundh.-Ingenieur).

Eine solche Konstruktion stellt, wie aus der Abb. 175 ersichtlich, das Grimmsche Flachbecken dar, dessen Sohle in Gestalt einer großen Reihe von trichterförmigen Vertiefungen angeordnet ist. An der schiefen Wand der Trichter soll eine stärkere Schlammabscheidung stattfinden als an dem ebenen Boden der gewöhnlichen Flachbecken. Der in den Trichtern abgesetzte Klärschlamm wird durch Saugwirkung entfernt.

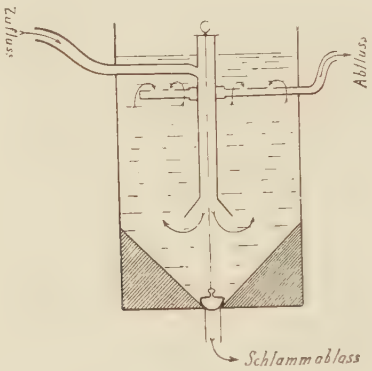
Klärbrunnen.

Ebenfalls auf dem Grundsatz der Ausscheidung der ungelösten Stoffe aus dem Abwasser durch plötzliche Verlangsamung der Strömungsgeschwindigkeit beruht die Anwendung der Klärbrunnen oder Klärtürme. In den Brunnen und Türmen steigt das Abwasser sehr langsam mit etwa 0,1—0,5 mm Geschwindigkeit in der Sekunde von unten in die Höhe. Während in den Klärbecken das Ausfallen der ungelösten Stoffe bei wagerechtem Wasserstrom senkrecht zur Richtung des letzteren geschieht, erfolgt es hier in der dem Abwasserstrom entgegengesetzten Richtung. Hierbei wird durch die sich dem Abwasserstrom entgegen bewegenden Sinkstoffe ein großer Teil der feinen Schwebestoffe mit niedergerissen. Das Sohlengefälle der Brunnen soll mindestens 1 : 1 betragen.

Vor den Flachbecken haben die Brunnen den Vorzug, daß sie einen wesentlich geringeren Raum einnehmen. Zur Beseitigung des Schlammes ohne Ablassen des Wassers sind sie mit Schlammpumpen oder -Ablaßvorrichtungen versehen. Ein Nachteil der Brunnen gegen-

über den Becken besteht darin, daß bei nicht sorgfältigem Betriebe gelegentlich der Schlammentleerung leicht sehr viel Wasser mitgerissen wird. Bei Zufluß größerer Wassermengen zu den Brunnen an Regentagen wird der abgesetzte Schlamm häufig aufgerührt und aus dem Abfluß des Brunnens mit herausgeführt. Ist bei nicht regelmäßiger und sorgfältiger Entleerung des Brunnens faulender Schlamm vorhanden gewesen, so kann dieser Umstand unangenehme Mißstände im Vorfluter hervorrufen. Das Zurückbleiben von fauligem Schlamm in den Klärbrunnen ist aber stets bis zu einem gewissen Grade zu befürchten, da der klebrige Schlamm infolge der äußerst geringen Durchflußgeschwindigkeit des Abwassers an den Wänden und anderen Teilen des

Abbildung 176.



Mairichbrunnen.

Brunnens stets leicht haften bleibt, dort der Fäulnis verfällt und nun wiederum ein Anfaulen des frischen Abwassers hervorrufen kann.

Als Beispiel eines Klärbrunnens ist in der Abb. 176 der sog. Mairichbrunnen (nach Dunbar, Leitfaden) wiedergegeben. Das Abwasser tritt vom Zufluß aus durch ein in der Mitte des Brunnens nach unten geführtes Rohr in den Brunnenraum ein, steigt dann aufwärts und verläßt den Brunnen durch ein unter dem Abwasserniveau liegendes Ueberlaufsrohr. Auf dem gleichen Prinzip beruht die Konstruktion des Klärbrunnens von Müller-Nahnsen, bei dem das Abwasser unten seitlich unter einer Tauchwand eintritt.

Die Klärbrunnen verwendet man heute weniger als selbständige Kläranlagen, sondern vielfach nur zur Vor- oder Nachreinigung anders behandelter Abwässer, namentlich auch bei der sogenannten chemischen Klärung.

Eine Kombination von kurzem Klärbecken mit einem Faulraum stellt der später zu besprechende Emscherbrunnen dar (S. 393).

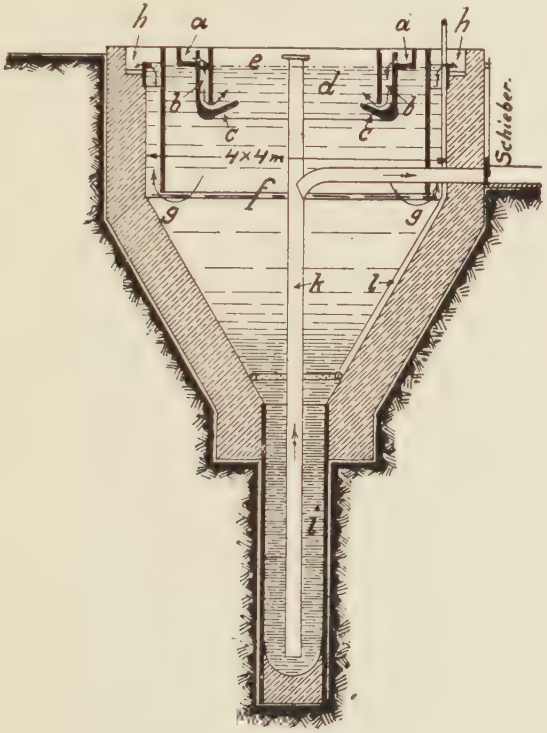
Statt der Klärbrunnen konstruierte man (Rothe-Röckner) auch Klärtürme, eigentlich über die Erde gelegte Brunnen, in denen das

Abwasser in die luftleer gepumpte Glocke des Turmes langsam emporsteigt. Diese Türme finden Anwendung bei dem Degenerschen Kohlebreiverfahren (S. 418).

Fettfänge.

In den Abwässern der Haushaltungen, besonders aber in Schlachthofabwässern sowie gewissen industriellen Abwässern (Wollwäschereien) befindet sich eine verhältnismäßig bedeutende Menge Fett [nach

Abbildung 177.



Kremerscher Apparat.

Degener (15) 4—18 pCt. des lufttrockenen Sediments], welches man wegen zu befürchtender Verstopfungen von dem Rohrnetz abzuhalten sucht. Auf Rieselfeldern wird durch den hohen Fettgehalt der Abwässer leicht eine Undurchgängigkeit des Rieselbodens infolge Verstopfung seiner Poren herbeigeführt. Da außerdem diese Fette für industrielle Zwecke, z. B. die Kerzen- und Seifenfabrikation Verwendung finden können, so war man schon seit längerer Zeit bestrebt, das Fett dem Abwasser durch besondere Apparate zu entziehen. Alle diese Konstruktionen beruhen auf dem Grundsatz, das in dem Wasser ungelöste

Fett, welches sich wegen seines leichten spezifischen Gewichtes an der Oberfläche schwimmend erhält, unter sogenannten Glocken abzufangen, abzukühlen und daselbst zurückzuhalten.

Der bekannteste derartige Apparat, bei dem dieses Prinzip am konsequentesten durchgeführt ist, ist der Kremersche Fettfang der Gesellschaft für Abwasserklärung „System Kremer", der auf der Abb. 177 mit einem Schlammzylinder kombiniert ist.

Das Abwasser tritt durch die Zulaufrinnen bei a in den Schlitz b und von hier sich aufwärtsbewegend in den Fettfänger d. Durch das Anprallen und Aufwirbeln des Wassers an dem Vorstoß (c) der Schlitzwand wird die Fettabscheidung begünstigt. Das sich aus dem Wasser abscheidende Fett gelangt in dem Fettfänger an die Oberfläche und sammelt sich hier an (e). Das Abwasser tritt nun in langsamem Strome in den zweiten Abscheidungsraum für die leichten Schwimmstoffe, welcher den ersten Fettfänger rings umgibt, und von hier durch den eigentlichen Klärraum (f) unter der Tauchwand (g) hindurch in das Abflußgerinne (h). Der sich in dem Apparat absetzende Schlamm wird aus dem Schlammzylinder durch die Schlammleitung (k) entfernt. Zur gründlichen Reinigung des Apparates ist außerdem noch eine Spülleitung (l) vorhanden.

Die Kremerschen Apparate, welche eigentlich eine Kombination des Fettfanges mit einem kurzen, durch Absaugung des Schlammes zu entleerenden Absitzbecken darstellen, haben sich in der Praxis, so weit bekannt, nicht nur bezüglich der Abscheidung des Fettes sondern auch der übrigen suspendierten Stoffe (50—70 pCt.) gut bewährt [Zahn und Reichle (16)]. Die Ausbeute an Fett aus den gewöhnlichen städtischen Abwässern ist jedoch zu gering, um sein Abfangen als solches z. B. für industrielle Verwertung rentabel zu gestalten. Dagegen könnte letzteres immerhin bei den sehr fetthaltigen Schlachthausabwässern u. ä. der Fall sein.

Erwähnt sei noch, daß in kanalisierten Städten die Anbringung von Fettfängen an den Hausauslässen gewöhnlich obligatorisch gemacht wird, um das Fett von den Kanälen fernzuhalten. Auch für Kasernen, Lazarette usw. kommt demnach die Einschaltung von Fettfängen bei der Anlage der Entwässerung in Frage.

Das Faulverfahren.

Beim Faulverfahren, das ein selbständiges Verfahren eigentlich nicht darstellt, sondern heute wohl ausschließlich in Kombination mit dem später zu besprechenden künstlichen biologischen Verfahren angewandt wird, läßt man den Schlamm des Abwassers in Becken und Brunnen, sogenannten Faulräumen, liegen und ausfaulen. Durch Gasauftrieb werden die leicht schwimmenden Teile des Schlammes an die Oberfläche des Abwassers getrieben und bilden dort eine Schwimmdecke. Diese verschwindet bei offenen Faulräumen zu gewissen

Jahreszeiten, während sie sich in gedeckten das ganze Jahr hindurch erhält. Ihre Dicke ist oft recht erheblich.

Der Faulvorgang ruft im Abwasser eine Abnahme der gelösten fäulnisfähigen Substanzen hervor. Dieselbe kann unter Umständen bis zu 50 pCt. des ursprünglichen Gehalts betragen. Aus diesem

Abbildung 178.

Reste eines Meerschweinchens nach dreiwöchigem Aufenthalt im Faulraum (nach Dunbar, Leitfaden).

Grunde wird das Faulverfahren auch vielfach bereits zu den sogen. biologischen Verfahren gerechnet.

Wie hochgradig die Wirkung des Ausfaulens auf organische Substanzen ist, zeigt die Abb. 178, welche die Reste eines Meerschweinchens nach 3wöchigem Aufenthalt im Faulraum darstellt.

Die Zersetzungsvorgänge bei der Ausfaulung des Abwassers in den Faulräumen werden nach Cameron und Schweder, welche das

Verfahren zuerst anwandten, durch die Tätigkeit von anaëroben Mikroorganismen herbeigeführt, wobei die organischen Stoffe in dem Schlamm zum Teil bei ihrer Zersetzung in gasförmigen oder flüssigen Zustand übergeführt werden. In den Faulräumen wird ferner ein großer Teil der ungelösten Stoffe durch Sedimentierung ausgeschieden, wodurch das Faulverfahren dem Absitzverfahren nahesteht.

Die Faulräume stellen ähnlich wie die Absitzbecken große Behälter dar, die aber im Gegensatz zu diesen oft eine recht erhebliche Tiefe besitzen. Das Abwasser tritt in langsamer Bewegung hindurch. Durch Tauchwände wird die Zerstörung der Schwimmschicht und der Auftrieb von Schlammflocken zu den geklärten Abwässern hin zu verhindern gesucht. Zu- und Abfluß zum Faulraum müssen, wie bei den Absitzbecken, in möglichst breitem Querschnitt erfolgen. Der Abfluß soll mindestens $^1/_2$ m unter dem Wasserspiegel liegen.

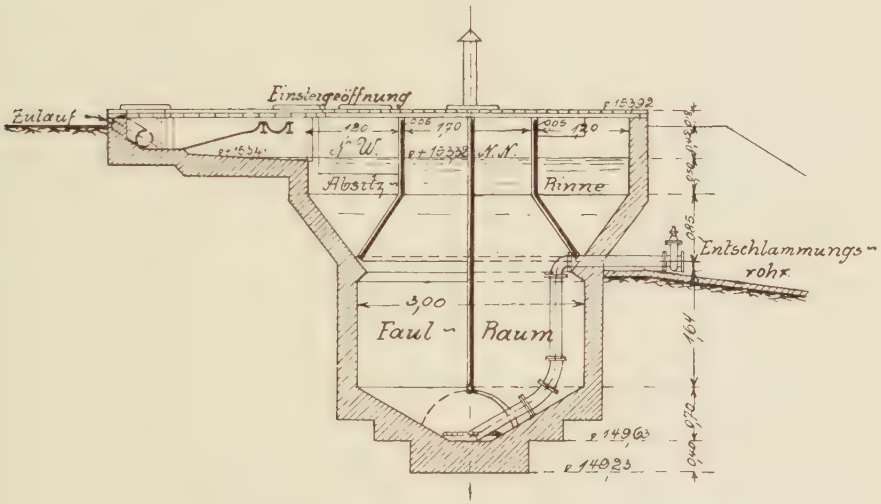
Die Faulräume werden in der Regel abgedeckt gebaut, um das etwaige Entweichen übler Gerüche und die Ansammlung von Insekten (Fliegen) zu vermeiden.

Bei der Größenabmessung der Faulräume kommt in Betracht, daß die Faulwirkung im allgemeinen um so besser ist, je größer der Faulraum ist, also je länger sich das Abwasser in demselben aufhält. Die Durchflußgeschwindigkeit darf wegen der Gefahr der Schlammaufwühlung nicht zu groß sein, die Menge des abgesetzten Schlammes muß in die Berechnung der Größe mit einbezogen werden (0,3 Liter wäßriger Schlamm pro Kopf und Tag). Beim Mischsystem empfiehlt sich vor den Faulräumen die Anbringung von Sandfang und Rechen, um bei starken Regenfällen das verdünnte Wasser, welches den Faulraum nicht passieren kann, mechanisch gereinigt ablaufen zu lassen. Die Entfernung des Schlammes erfolgt am besten möglichst selten, bei kleinen Anlagen im Jahre höchstens 1 bis 2 mal, bei größeren alle 2 bis 3 Monate. Unter Berücksichtigung aller dieser Verhältnisse rechnet man bei größeren Anlagen als untere Grenze 0,4 cbm Faulraum auf 1 cbm Trockenabfluß, bei kleineren erheblich mehr und zwar 3 bis 10 cbm Faulraum auf 1 cbm Abwasser (Imhoff). Je nach der Größe der Anlage halten sich die Abwässer daher zum mindestens etwa $^1/_2$ Tag, unter Umständen sogar bis zu 10 Tagen im Faulraum auf. Gewöhnlich sind bei größeren Anlagen die Räume so abgemessen, daß das Abwasser etwa 24 Stunden im Faulraum verbleibt. Bei gewerblichen Abwässern können unter Umständen noch erheblich größere Faulräume erforderlich werden, um überhaupt ein Ausfaulen der Abwässer zu erzielen.

Das Faulverfahren bietet gegenüber dem gewöhnlichen Absitzver-

fahren den Vorteil, daß es im Betrieb sehr viel einfacher ist, weil man den Schlamm lange Zeit sich selbst überlassen kann, und weil in der Tat allmählich eine gewisse Verringerung des organischen Schlammes durch Selbstverzehrung — Vergasung und Verflüssigung — eintritt. Der ausgefaulte Schlamm hat seinen offensiven Charakter verloren und wird an der Luft schnell trocken und stichfest. Aus diesen Gründen bietet das Verfahren nicht nur für manche Städte, sondern auch besonders für einzeln liegende Anstalten, Kasernen, Lazarette, Privathäuser gewisse Vorteile.

Abbildung 179.



Emscher-Brunnen nach Imhoff-Scheven.

Die Nachteile der Schlammausfaulung bestehen darin, daß die Abflüsse von Faulräumen immer einen fauligen Charakter haben, und sich bei ihrer weiteren Behandlung sowie der Reinigung der Faulräume stets üble Gerüche durch Fäulnisgase entwickeln. Durch den in den Faulkammern gebildeten Schwefelwasserstoff wird der Zement der Kammerwandungen angegriffen.

Brunnen eignen sich weniger zum Faulverfahren als Becken, weil in den Brunnen durch den aufsteigenden Wasserstrom und die auftreibenden Gase das Absitzen der Schlammteilchen erheblich gestört wird.

Auf der Kombination des Absitzverfahrens mit dem Faulverfahren beruht der sogenannte Emscherbrunnen nach Imhoff-Scheven (Abbildung 179).

Der Zulauf der Abwässer erfolgt nach Passieren eines Sandfanges und Rechens durch eine winkelförmige Rinne (Absitzrinne), welche an der tiefliegenden Unterkante derart mit einem Schlitz versehen ist, daß die Schwimm- und Schwebestoffe aus dem Abwasser in den unter dem Absitzgerinne befindlichen Faulraum sinken. Durch diese Anordnung soll verhindert werden, daß das aus den Kanälen kommende Frischwasser vom Faulraum infiziert wird. Das Abwasser soll vielmehr den Brunnen (die Absitzrinne) in frischem Zustande wieder verlassen. Das Entweichen aus dem Faulraum aufsteigender Gase in die als Absitzbecken wirkende Rinne soll durch Ansammlung derselben in besonders gedeckten Räumen gehindert werden.

Die Größe der Emscherbrunnen ist je nach den örtlichen Verhältnissen, Beschaffenheit der Abwässer etc. verschieden. Im allgemeinen sind die Größenverhältnisse so angeordnet, daß das Abwasser etwa 2 Stunden in der Anlage verbleibt. Bei diesem Verfahren werden nach den Angaben von Scheven (17) etwa 70—80 pCt. der im Wasser enthaltenen Schwebestoffe ausgeschieden. Der ausgefaulte Schlamm wird durch ein Entschlammungsrohr aus dem Faulraum entleert. Er soll nur etwa 80 pCt. Wassergehalt besitzen, leicht trocknen und, mit wenig Kohle oder Müll versetzt, brennbar sein. —

Die Emscherbrunnen — ihre Bezeichnung rührt von ihrem Ursprungsort dem Emschergebiet (westfälischer Industriebezirk) her — stellen im Grunde genommen keine Brunnen, sondern, da das Abwasser in wagerechter Richtung hindurchtritt, kurze mit Faulraum kombinierte Absitzbecken dar. Der Vorteil, den ihre Konstruktion bedingen soll, besteht in einer wesentlichen Raumersparnis gegenüber den Flachbecken und in der Ausfaulung des Schlammes ohne Fäulnis des überstehenden Abwassers.

Die Emscherbrunnen werden häufig für die Vorklärung oder Nachbehandlung biologisch gereinigter Abwässer (Tropfkörperabflüsse vgl. S. 414) verwendet.

Eine solche Anlage, wie sie im Kadettenhause Bensberg besteht, stellt die Abb. 180 dar. Die Kopfzahl der Insassen beträgt 354 Personen, das Lazarett hat 22 Betten. Bei der Annahme von 100 Litern Abwasser pro Tag und Kopf und einem Zuschlag von 200 Litern pro Lazarettbett und einem besonderen Zuschlag von Waschanstaltswasser ist die tägliche Abwassermenge auf 50 cbm berechnet. Der größte Stundenzufluß ist auf $^1/_{10} = 5$ cbm festgesetzt. Die ganze Anlage besteht aus einer Vorreinigung, einem biologischen Tropfkörper und einer Nachreinigung. Für Vor- und Nachreinigung sind Emscherbrunnen gewählt. Der Emscherbrunnen (Vorreinigung) hat eine lichte Weite von 4,20 m oben, unten von 3 m, eine Tiefe von etwa 4 m. Der Faulraum besitzt 14 cbm Inhalt. Für die Nachreinigung ist ein etwas kleinerer Brunnen vorgesehen, weil es sich dort ja nur um die Entfernung aus dem Tropfkörper mitgerissenen, verhältnismäßig wenigen Schlammes handelt. Für die ganze Anlage ist das natürliche Gefälle des Bodens ausgenützt. Die gereinigten Abwässer werden in einen kleinen Vorflutgraben eingeleitet.

Die elektrische Klärung.

Der Vollständigkeit halber mag schließlich noch das elektrische Klärverfahren erwähnt sein, welches von Webster zuerst in

Crossnes bei London angewandt wurde. Zur Durchleitung des elektrischen Stromes durch das zu klärende Abwasser wurden große eiserne Elektroden, sowie ein schwacher Strom von 1—2 Volt benutzt. Das elektrisch geklärte Abwasser, aus welchem 60 bis 80 pCt. der gelösten organischen Stoffe ausgeschieden werden sollen, wird in Absitzbecken und durch Sandfiltration nachbehandelt. Eine praktische Bedeutung hat dies Verfahren, über welches Erfahrungen bisher völlig fehlen, noch nicht erlangt.

Die Erklärung für die Wirkung der elektrischen Klärung ist nach König darin zu suchen, daß gewisse Salze des Abwassers wie Kochsalz, Soda etc. in ihre Bestandteile zerlegt werden, und daß an den Elektroden teils Chloride, teils Wasserstoff, Natron und Ammoniak entstehen, welche mit den ersteren unlösliche Verbindungen eingehen, die im Abwasser ausfallen und die suspendierten Bestandteile mit niederreißen. Es handelt sich also um eine chemisch-mechanische Fällung des Abwassers.

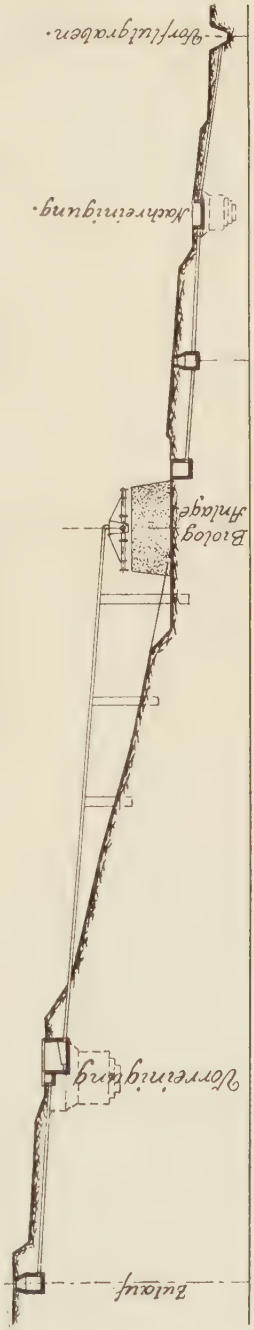


Abbildung 180. Gesamtansicht der Abwasserreinigungsanlage des Kadettenhauses Bensberg. Ensscherbrunnen kombiniert mit künstlicher biologischer Reinigung (nach Scheven, Gesundh.-Ing.).

B. Die chemische Klärung.

Das Verfahren, die Abwässer durch Zuschlag von Chemikalien zu klären, hat heute wenigstens in Deutschland, keine sehr große Verbreitung mehr. Als Klärmittel werden in der Regel Aetzkalk bzw. Eisensulfat oder Aluminiumsulfat verwendet, chemische Stoffe, welche starke Niederschläge in den Abwässern bilden. Durch diese Niederschläge werden die ungelösten und ein Bruchteil der gelösten Substanzen des Abwassers mit niedergerissen. In größerem Umfange wird das Verfahren der chemischen Klärung zur Zeit z. B. noch in Leipzig durchgeführt. Als Klärmittel findet in Eisensulfat gelöstes Eisenoxyd Verwendung in

einer Menge von etwa 63 g pro Kubikmeter Abwasser. 1 cbm Abwasser ergibt durchschnittlich 4 Liter Schlamm. Die Kosten des Verfahrens stellen sich pro Kopf und Jahr auf etwa 0,75 M.

Durch Zusatz von Chemikalien vermag man in günstigen Fällen etwa 75 pCt. der ungelösten Stoffe und höchstens 30 pCt. der gelösten organischen Substanzen zur Ausscheidung zu bringen (Dunbar).

Den Kalk wandte man bei dem chemischen Verfahren ursprünglich hauptsächlich an, um eine Desinfektionswirkung zu erzielen. Letztere war jedoch sehr mangelhaft, besonders lästig waren aber die großen durch den Zusatz von Chemikalien entstehenden voluminösen Schlammmassen, welche nicht verwertet und nur mit vielen Mühen beseitigt werden konnten.

Die chemische Klärung findet entweder in Absitzbecken oder in Klärbrunnen statt.

Die großen Mengen überschüssigen Kalkes, welche mit dem gereinigten Abwasser in die Vorfluter gelangen, rufen dort vielfach durch Umwandlung in kohlensauren Kalk an Stellen langsamerer Strömung üble Zustände durch die Entstehung großer Schlammbänke hervor, in denen der aufgespeicherte Schlamm nun nachträglich, da der kohlensaure Kalk nicht mehr desinfizierend wirkt, in Fäulnis übergeht.

Aus den genannten Gründen ist man von dem chemischen Verfahren als besonderer Behandlungsart der Abwässer größtenteils wieder abgekommen. Man kann es höchstens bei sehr wasserreichen, schnell strömenden Vorflutern anwenden. In allen Fällen, wo bei ungünstigerem Vorfluter gefordert werden muß, daß das gereinigte Abwasser nicht mehr fäulnisfähig ist, kann die chemische Fällung der Abwässer nicht in Frage kommen. In England wird das Verfahren noch häufig zur Vorklärung für die nachfolgende sogenannte biologische Reinigung angewandt. In Deutschland ist diese Art der Anwendung selten.

Bei industriellen Abwässern können chemische Zusätze unter Umständen zur Klärung notwendig werden, einerseits um ihnen durch Neutralisation ihren offensiven Charakter zu nehmen, andererseits wenn die gewöhnlichen Klärverfahren nicht ausreichen, um die nötige Wirkung herbeizuführen.

C. Die biologischen Verfahren der Abwasserreinigung.

Während die verschiedenen Verfahren der bisher besprochenen mechanischen Abwasserklärung zwar imstande sind, einen mehr oder weniger großen Teil der suspendierten organischen Stoffe aus den Abwässern auszuscheiden, nicht dagegen durch Entfernung der ge-

lösten organischen Substanzen ihre Fäulnisfähigkeit zu beseitigen, liefern die biologischen Verfahren der Abwasserreinigung blanke Abflüsse, welche bei richtigem Funktionieren der Anlage nicht mehr in stinkende Fäulnis übergehen dürfen. Dieser Erfolg der biologischen Behandlung der Abwässer wird dadurch erzielt, daß auch die gelösten fäulnisfähigen organischen Stoffe bis zu einer gewissen Grenze ausgeschieden werden. Die biologische Reinigung der Abwässer ist daher überall da am Platze, wo ein genügend mächtiger Vorfluter nicht zur Verfügung steht, da nicht mehr fäulnisfähige Abwässer auch kleineren Vorflutern unbedenklich übergeben werden können.

Die biologischen Verfahren führen ihren Namen daher, weil es sich bei der durch sie bedingten Reinigung der Schmutzstoffe nicht um rein mechanische, sondern z. T. an organisches Leben, Tätigkeit von Mikroorganismen, niederen Lebewesen und Pflanzen gebundene, z. T. um chemisch-physikalische Vorgänge handelt.

Man unterscheidet natürliche und künstliche biologische Verfahren.

Die natürlichen biologischen Verfahren benutzen die filtrierende und reinigende Kraft des Erdbodens und teilweise die Zerlegung des in diesem zurückgehaltenen organischen Stickstoffes durch Pflanzen zur Entfernung der suspendierten und gelösten fäulnisfähigen Stoffe des Abwassers.

a) Die natürlichen biologischen Verfahren.

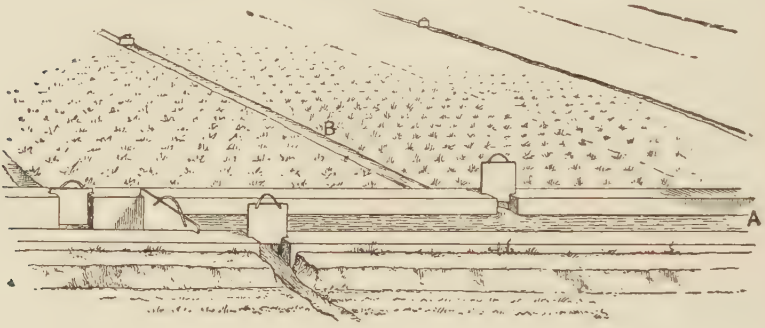
1. Das Rieselverfahren. (Oberflächenberieselung). Nachdem durch mechanische Abfangvorrichtungen — mit Sandfängen kombinierte Rechenanlagen usw. — die gröberen Sink- und Schwimmstoffe wie Sand, Kaffeesatz, Papier aus den Abwässern entfernt sind, gelangen diese durch natürliches Gefälle oder Pumpenbetrieb auf die in der weiteren Umgebung der Städte gelegenen „Rieselfelder“. Vor der eigentlichen Rieselung auf Land findet hier in der Regel nochmals eine kurze oder längere mechanische Klärung statt. In neuerer Zeit schaltet man an einigen Stellen, besonders in England, wo geeigneter Rieselboden in größerem Umfange selten zur Verfügung steht, vor der eigentlichen Rieselung noch ein reguläres Absitzverfahren in Flachbecken ein, da bei der Landbehandlung der vorgeklärten Abwässer wesentlich größere Mengen Abwasser auf den Boden gebracht werden können, ohne eine Insuffizienz des letzteren herbei zu führen.

Der Reinigungseffekt bei der Bodenberieselung an sich ist abhängig von der Beschaffenheit und Art des Riesellandes, Durchlässig-

keit des Bodens und seiner Durchlüftungsfähigkeit. Am besten eignet sich als Rieselland Sandboden, dem etwas Lehm beigemengt ist, oder reiner Sandboden mittlerer Korngröße, während z. B. reiner Lehm- oder Tonboden zum Rieselbetrieb sehr schlecht geeignet ist.

Die Anlage des Rieselfeldes geschieht in der Weise, daß das Terrain in gewisser Größe, in der Regel in Feldern von etwa 15 m Breite und 50 m Länge und größer planiert und mit flachen Wällen umgeben wird, welche Gräben für das gewöhnlich unter natürlichem Gefälle fließende Abwasser enthalten. Durch Oeffnen von Schützen in den Gräben wird das Wasser auf die Felder gelassen und dort in gewisser Menge gestaut (Ueberstauung). Eine Modifikation dieses Verfahrens ist die sog. Beet- oder Furchenberieselung, bei welcher das Abwasser in kleinen etwa 0.30—0.40 m tiefen und breiten Gräben, welche das ganze Feld in gewissen Abständen parallel durchziehen, aufgestaut wird und dort versickert. Bei der Wiesen- oder Hangberieselung wird das Abwasser über stark geneigten und z. T. unregelmäßigen Rieselflächen in einem oberen Graben angestaut und dann unter Ausnützung des vorhandenen starken natürlichen Gefälles gezwungen, in dünner Schicht über die Rieselfläche hinwegzufließen. Das überschüssige Wasser

Abbildung 181.



Rückenbau, Stauberieselung.

wird von einem an der unteren Seite des Hanges befindlichen Parallelgraben aufgenommen und von dort aus wieder zur Berieselung einer unterhalb gelegenen Fläche benützt. Die Abbildung 181 (nach Dunbar, Leitfaden) stellt die am meisten gebräuchliche Stauberieselung dar.

Die Abwässer, welche in dem Erdboden versickern, werden, soweit sie nicht direkt in das Grundwasser gelangen, aus dem Rieselland durch in diesem in einer Tiefe von etwa 1,5 bis etwa 2,5 m und einem Abstande von 6—8 m verlegte Drainröhren wieder abgeführt. Drainage des Rieselandes ist nur bei sehr durchlässigem, grobporigen Sandboden ausnahmsweise entbehrlich. Die Drainröhren führen zu größeren Sammelröhren zusammen. Diese oder die Drainröhren selbst leiten das Drainwasser direkt in größere, tiefere Gräben, welche wiederum Zufluß zum Vorfluter haben. Wegen der Sicherstellung der Entwässerung des Rieselgeländes ist eine gewisse Tiefe des Grundwasserspiegels von mindestens 2 m unter der Erdoberfläche erforderlich, wenn Gelände als Rieselland geeignet sein soll.

Die Ueberstauung der Felder wird nicht ständig, sondern gewöhnlich nur an 1 bis 2 aufeinander folgenden Tagen jedesmal unmittelbar vor und nach der Bestellung vorgenommen. Während des Wachstums findet dann eine Berieselung überhaupt nicht oder nur zuweilen bei sehr trockenem Wetter und gewissen Bebauungsarten z. B. beim Getreidebau statt. Die Berieselung der Beete mit der Verteilung des Abwassers in kleinen Furchen kann dagegen während der ganzen Wachstumsperiode nach Bedarf ausgeführt werden, da die Pflanzen nicht selbst, sondern nur ihre Wurzeln mit dem Abwasser in Berührung kommen. Auch die Wiesenberieselung findet nicht ständig, sondern in der vegetationslosen Zeit gewöhnlich etwa nur einmal im Monat, im Sommer nach jedem Grasschnitt statt.

Die Wirkung der Berieselung beruht einerseits auf der bei der Versickerung eintretenden Filtration des Abwassers durch den Erdboden, durch welche die suspendierten Substanzen und mit diesen die in dem Abwasser enthaltenen Bakterien zum weitaus größten Teil zurückgehalten werden. Aus diesem Grunde ist schlecht filtrierender, zu grobkörniger Boden (Kies) als Rieselland wenig geeignet. Andererseits werden dem Abwasser aber bei seinem Wege durch den Boden von diesem auch nahezu 90 pCt. der gelösten organischen Substanzen entzogen und zwar durch einen bei Vorhandensein genügenden Sauerstoffes unter Mitwirkung gewisser Mikroorganismen zu stande kommenden Mineralisierungsprozeß. Da zur Oxydation des organischen Stickstoffes reichlich Sauerstoff erforderlich ist, so wird sich zur Rieselung wiederum ein luftundurchlässiger Boden wie Ton oder reiner Lehm als nicht geeignet erweisen müssen. Der Reinigungsprozeß im Erdboden wird noch dadurch weiter gefördert, daß die zur Pflanzennahrung dienenden, im Boden aus den Abwässern aufgespeicherten Stoffe wie Stickstoff, Kaliverbindungen, Phosphorsäure, außerdem ein gewisser Teil des Wassers selbst von den Pflanzen zu ihrem Aufbau aufgenommen werden. Ein ununterbrochener Rieselbetrieb würde nicht zum Ziele führen, da der Erdboden zur Verarbeitung der in ihm aufgespeicherten Stoffe und zur Regeneration seiner mineralisierenden Eigenschaft, namentlich auch zur erneuten Durchlüftung genügende Ruhepausen haben muß.

Nach Gärtner (18) waren im Durchschnitt aus 17 Analysen enthalten:

	Organ. Subst.	Phosphorsäure	Ammoniak	Salpetr. Säure	Kochsalz	Kali	Natr.
in dem Rohabwasser:	22,0	3	12,0	0,0	24,0	7,0	30,0
in dem Drainwasser:	3,5	0,35	0,56	12,0	21,8	0,57	6,0

Als besonders für Rieselpflanzung geeignet haben sich wegen ihrer hohen Aufnahmefähigkeit für Wasser und die Abbauprodukte des Abwassers die Grassorten und Wurzelgewächse (Rüben) erwiesen. Die landwirtschaftliche Rentabilität der Rieselfelder ist im allgemeinen gering. In der Regel sind Ueberschüsse nicht vorhanden wegen des hohen Bodenpreises in der Umgebung der Großstädte.

Im Winter wird gewöhnlich der Rieselbetrieb nur bei strengem Frost unterbrochen, da das Abwasser auch bei größerer Außenkälte immerhin noch mit Temperaturen von etwa 5° aus den Kanälen austritt. Man kann dann die Ueberstauung jedesmal auf besonders hierfür vorzubereitendem Rieselgelände vornehmen. Ist dieses nicht möglich, so sammelt man bei Unterbrechung des Rieselbetriebes das Abwasser in großen sog. Einstaubecken (bis zu 10 ha Größe), in welchen es im Erdreich allmählich versickert, bezw. von Drainröhren aufgenommen wird. Im Frühjahr dient die Beckensohle nach Umpflügung zum Pflanzenanbau.

Die Größe des Rieselfeldes wird derart bemessen, daß man bei Vorhandensein geeigneten Bodens allgemein auf die Beseitigung der Abwässer (100 Liter pro Tag und Kopf) von 500 Personen 1 ha Rieselfläche rechnet. Das würde einer durchschnittlichen täglichen Belastung des Feldes mit einer Abwassermenge von 5 mm Höhe entsprechen. Bei Vorklärung der Abwässer im Absitzbecken oder künstlicher biologischer Vorreinigung können jedoch auf 1 ha Rieselland wesentlich größere Abwassermengen, von etwa 1200—2500 Personen, aufgebracht werden. Zu vermeiden ist allerdings eine Ueberlastung des Riesellandes, da dann die Mineralisierungsfähigkeit des Bodens verloren geht, und allmählich eine Versumpfung der Felder eintritt, wenn nicht sehr günstige Bodenverhältnisse vorliegen. Um den Boden für die Bepflanzung geeignet zu erhalten, ist meist schon bei der Aptierung und später in regelmäßigen Abständen eine Zuführung von Kalk zu diesem nötig, da das Kochsalz der Kanaljauche ziemlich schnell eine Entkalkung des Bodens herbeiführt.

Der Einfluß der Rieselfelder in sanitärer Beziehung ist nach den bisherigen Erfahrungen durchaus nicht ungünstig. Eine Geruchsbelästigung der Umgebung wird sich zwar infolge der Ablagerung reichlicher fäulnisfähiger Substanzen an der Erdoberfläche nicht immer ganz vermeiden lassen, sie ist jedoch bei rationell geleiteten Rieselanlagen wegen des sich schnell und ausgiebig abspielenden Oxydationsprozesses verhältnismäßig selten. Gesundheitsstörungen sind bei der Bevölkerung der Rieselfelder, Rieselarbeitern usw. nicht häufiger als anderwärts. Insbesondere treten Infektionskrankheiten, die durch Ab-

wässer verbreitet werden können, wie z. B. Typhus, im Zusammenhang mit dem Rieselbetrieb nicht häufiger auf als bei der übrigen Bevölkerung. Kommen solche Infektionen vereinzelt vor, so sind sie in der Regel durch die Benutzung des Drainwassers zu Trinkzwecken veranlasst worden. Deshalb ist es erforderlich, den Genuß des Rieselwassers zu verbieten und die Arbeiter etc. auf Rieselfeldern mit gutem Trinkwasser zu versorgen.

Da der in dem Abwasser enthaltene organische Stickstoff und die hierzu verwertbaren anorganischen Verbindungen von den Pflanzen der Rieselfelder nur zum kleinsten Teil, etwa 10 pCt., ausgenutzt werden können, so sind die Drainwässer der Rieselfelder noch sehr reich an Pflanzennährstoffen. Man beobachtet daher in kleinen und wasserarmen Vorflutern, in welche die Drainwässer eingeleitet werden, häufig eine sehr üppige Vegetation, bei der namentlich die bekannten Abwasserpilze besonders stark vertreten sind. Solche Uebelstände lassen sich schwer oder garnicht vermeiden. Sie treten aber zurück gegenüber den großen sanitären Vorzügen, welche ein richtig betriebenes Rieselverfahren sonst durch die sichere Erzielung nicht mehr fäulnisfähiger Abflüsse bietet. In dieser Eigenschaft wird es von keinem andern biologischen Verfahren übertroffen. Als Beweis hierfür mag die bekannte Tatsache gelten, daß die Millionenstadt Berlin den größten Teil ihrer Rieselwässer in die als Vorfluter sehr ungünstige kleine Panke einleitet, welche auf ihrem weiteren Laufe wieder durch einen grossen Teil Berlins fließt, ohne zu Mißständen im Flußbett oder Klagen der Anwohner irgend welche Veranlassung zu geben.

Zur Beseitigung der Abwässer aus einzelnen militärischen Gebäuden wie Kasernen usw. oder einzeln liegenden Privatbauten sind Rieselfeldanlagen wegen der Art ihres Betriebes, der erforderlichen landwirtschaftlichen Ausnutzung usw. im allgemeinen nicht geeignet, wohl aber kann für solche Verhältnisse in geeigneten Fällen

2. die intermittierende Bodenfiltration (nach Frankland) in Frage kommen. Das Abwasser wird nach mechanischer Vorklärung durch Absitzbecken und Rechen, ohne Rücksicht auf die Ausnutzbarkeit der abgelagerten, zum Pflanzenaufbau dienenden Stoffe durch angebaute Pflanzen, auf geebnetes, leicht geneigtes und adaptiertes, geeignetes Gelände, — Sand und ev. feiner Kies eignen sich hierzu am besten —, geleitet, wo es versickert. Die Filter sind in Gestalt von großen viereckigen Becken mit befestigten wallförmigen Einfassungen angeordnet; in den letzteren verlaufen die Zubringergräben, die mit Schützen für das Ablassen des Wassers auf die Becken versehen sind. Das überschüssige Abwasser wird aus dem Filtergrund, so weit es nicht in

das Grundwasser gelangt, durch Drains abgeführt. Letztere sind in einer Tiefe von 1,5—2 m und einem Abstande von 8—10 m verlegt, wie auf Rieselfeldern. Unter Umständen kann auch hier ausnahmsweise bei sehr durchlässigem Boden von der Legung von Drainröhren abgesehen werden, wenn der Grundwasserspiegel, der im allgemeinen mindestens 3 m unter der Erdoberfläche stehen soll, sehr tief liegt, und nicht etwa unter der durchlässigen filtrierenden Schicht in geringer Tiefe undurchlässige Bodenschichten vorhanden sind. Bei der Anlage solcher Bodenfilter sind ebenso wie beim Rieselfeld die geologischen Verhältnisse, namentlich aber auch der Verlauf und die Neigungsführung solcher undurchlässigen Schichten genau festzustellen.

Abbildung 182.

Intermittierendes Bodenfilter im Winterbetrieb mit Sauggräben.
(Nach Henneking.)

da unter Umständen an Stellen, wo letztere durch Wege, Gräben usw. durchschnitten werden, die filtrierten und auf der undurchlässigen Schicht fortgeleiteten Abwässer als „Quellen“ wieder zu Tage treten können. Bei Vorhandensein undurchlässiger Bodenschichten in geringerer Tiefe muß die Drainage der Filter ganz besonders sorgfältig sein, damit das überschüssige Wasser, welches weder im Boden versickert noch durch Drains genügend abgeleitet wird, keine Versumpfung des Filtergeländes herbeiführt. Das abgeleitete Drainwasser wird wie bei den Rieselfeldern dem Vorfluter zugeführt.

Die Größe für eine intermittierende Bodenfiltrationsanlage wird in der Regel derart bemessen, daß auf 1 ha Filterfläche je nach der Beschaffenheit des Bodens 100 bis etwa 500 cbm täglich zu behan-

delndes Abwasser gerechnet werden. Zu berücksichtigen ist, daß die Filter immer nur für einige, nach Frankland 6 Stunden überstaut werden dürfen und dann mindestens einen ev. mehrere Tage Ruhezeit haben müssen. Es müssen also bei einer solchen Anlage stets mehrere Filter vorhanden sein, welche abwechselnd beschickt werden. Für den Betrieb lassen sich generelle Regeln nicht geben. Er richtet sich in den angegebenen Grenzen naturgemäß ganz nach der Aufnahmefähigkeit des Bodens. Alle 3—4 Jahre muß den Filtern ein ganzes Jahr Ruhezeit gewährt werden. Die Filterbeete werden alljährlich einmal umgepflügt. Gewöhnlich findet eine Bepflanzung nur bei ruhenden Filtern statt. Bei betriebenen Filtern muß, wenn regelmäßige Bepflanzung vorgenommen werden soll, die Ueberstauung in sog. Sauggräben erfolgen, von denen aus die Versickerung vor sich geht. Der Anbau geschieht dann auf den kleinen Wällen zwischen den Gräben. Letztere werden auch während des Winterbetriebes zur bessern Aufnahmefähigkeit der Filter angelegt (Abb. 182).

Die Wirkung der Bodenfilter ist analog derjenigen der Rieselfelder, nur daß hier zum weitaus größten Teile die Ausnutzung des Pflanzenanbaues wegfällt. Auch im Winter arbeiten die Filter ohne Störung. Der Reinigungseffekt entspricht demjenigen der Rieselfelder.

Selbst in der kälteren Jahreszeit findet bei gut betriebenen rationellen Anlagen im Drainwasser eine Herabsetzung des Ammoniaks um etwa 90 pCt., des Albuminoidammoniaks um etwa 96 pCt. und der Oxydierbarkeit um 90 pCt. gegenüber dem Rohabwasser statt (Dunbar).

Die intermittierende Bodenfiltration, welche besonders in Amerika vielfach angewandt wird, bei uns in Deutschland aber noch wenig eingeführt ist, eignet sich auch für die Entwässerung militärischer Gebäude usw., sobald der geeignete Boden dazu vorhanden ist. In der Regel wird dies z. B. auf Truppenübungsplätzen der Fall sein, für welche das Verfahren daher zuweilen in Frage kommen dürfte. Eine solche Anlage ist zurzeit z. B. auf dem Truppenübungsplatz Lockstädter Lager eingerichtet. Der infolge der wechselnden Belegung der Truppenübungsplätze zu verschiedenen Zeiten notwendigerweise sehr ungleich großen Abwassermenge kann gerade dieses Verfahren bei einer geschickten Ausnützung der Filter infolge des intermittierenden Betriebes am leichtesten Rechnung tragen.

Besonders zu erwähnen ist als eine Art der Oberflächenrieselung noch:

3. das Eduardsfelder Verfahren (Wulsch), welches auf dem Gut Eduardsfelde bei Posen zuerst praktisch angewandt wurde. Das mechanisch vorgeklärte und von groben Sink- und Schwimmstoffen befreite Abwasser wird in einer Druckleitung direkt auf die Felder

der landwirtschaftlichen Abnehmer gepumpt und dort von Hand mittelst Schlauches auf den zu düngenden Flächen verspritzt.

Die Erfahrungen über die praktische Durchführbarkeit des Verfahrens sind bisher noch gering. Jedoch soll es sich in kleineren Gemeinden mit landwirtschaftlicher Umgebung an einigen Stellen bewährt haben. In hygienisch-sanitärer Beziehung ist jedenfalls bei ihm der Umstand bis zu einem gewissen Grade bedenklich, daß bei der Art der Behandlung des Abwassers Infektionsgefahren für die mit ihm in innige Berührung kommenden landwirtschaftlichen Arbeiter in erheblich höherem Maße zu befürchten sind als bei anderen Verfahren der Rieselung, die weniger auf Arbeitsverrichtungen von Hand angewiesen sind.

Eine besondere Art der Abwässerbeseitigung durch Rieselung stellt

4. die Untergrundberieselung dar. Auch dieses Verfahren findet zuweilen, wenn es sich um die Beseitigung geringer Mengen von Schmutzwässern handelt, bei geeignetem Boden (grober Sand, feiner Kies) mit gutem Erfolg Verwendung zur Entwässerung einzeln liegender Gebäude. Die Abwässer werden in einem Sandfang mit Rechen bzw. Absitzbecken mechanisch gut vorgeklärt, das Ueberlaufswasser wird in ein System unterirdisch verlegter Drainröhren geleitet. Diese haben eine Weite von etwa 50 mm und werden in einer Tiefe von 0,2—0,6 m verlegt in einem Abstand von etwa 1—5 m von einander. Für 1 Person werden nach Kleinschroth (19) 15—20 laufende Meter Berieselungsanlage und etwa 30 qm Rieselfläche gerechnet, wobei vorausgesetzt wird, daß Regenwässer gesondert abgeleitet werden. Bei hohem Grundwasserstand kann die Verlegung eines zweiten Drainrohrnetzes für die Ableitung des Wassers unterhalb des Zuleitungssystems erforderlich werden.

Wenn es sich nicht um gröberen Kiesboden handelt, empfiehlt es sich, die Drainröhren unmittelbar mit einer Schicht von Schotter, Steinschlag oder grobem Kies zu umgeben. Das Drainwasser wird in einen besonderen Abzugsgraben geleitet. Die Drainleitung erhält an ihrer tiefsten Stelle eine für gewöhnlich geschlossene Absperrvorrichtung (Schieber) nach einem Graben hin, um ein gelegentliches direktes Spülen und Reinigen der Rohre zu ermöglichen. Die Untergrundberieselung kann in der Nähe der Wohnhäuser vorgenommen werden, da belästigende Gerüche nicht entstehen. Die Nähe von Brunnen und Bäumen, der letzteren wegen des Einwachsens der Wurzeln in die Drainrohre, ist zu vermeiden.

5. Ein weiteres Verfahren zur Beseitigung geringerer Mengen von Abwasser, besonders in häuslichen Anlagen, welches sich zwanglos

dem natürlichen biologischen Verfahren anschließt, ist schließlich die natürliche Reinigung in Fischteichen. Die hierüber zuerst von Oesten mit Drainwasser der Berliner Rieselfelder angestellten Versuche hatten günstige Ergebnisse. Nach den bisherigen von andern Autoren später auch an anderen Stellen wieder aufgenommenen Versuchen scheint in genügend großen Erdteichen in der Tat eine so weitgehende Selbstreinigung einzutreten, daß die unschädliche Beseitigung nicht zu großer Mengen von Abwasser durch Einleitung in solche Teiche möglich ist. Für Rieselfelder kann sich die in dem an organischen Nährstoffen reichen Rieselwasser betriebene Fischzucht unter Umständen zu einem wichtigen wirtschaftlichen Moment entwickeln.

b) Die künstlichen biologischen Verfahren.

Geeignetes Rieselland ist in genügender Ausdehnung in der Nähe der großen Städte oft nicht vorhanden, oder sein Erwerb ist mit so hohen Kosten verknüpft, daß auf eine Rieselfeldanlage von vornherein verzichtet werden muß.

In allen solchen Fällen wird, wenn eine weitergehende Reinigung der Abwässer erforderlich ist, heute mit sehr gutem Erfolg vielfach die künstliche biologische Reinigung der Abwässer vorgenommen.

Dieses Verfahren, auch als Brockenkörper-, Kontakt- oder Oxydationsverfahren bezeichnet, eignet sich auch ganz besonders als Anlage zur Beseitigung der Abwässer aus einzeln stehenden Gebäuden, Kasernen, Truppenübungsplätzen, Lazaretten usw. und wird hier neuerdings sehr häufig mit bestem Erfolge angewandt. Aus diesem Grunde ist besonders für den Sanitätsoffizier und Verwaltungsbeamten seine genauere Kenntnis erforderlich.

Das Verfahren wurde im Anschluß an die Franklandschen Untersuchungen in England zuerst von Dibdin, in Deutschland von Schweder praktisch erprobt. Um seine wissenschaftliche exakte Untersuchung und Begründung haben sich in Deutschland hauptsächlich Dunbar sowie Proskauer und Schmidtmann besondere Verdienste erworben. Es stellt gewissermaßen eine Nachahmung der natürlichen biologischen Vorgänge bei der Bodenfiltration bzw. Berieselung dar. Nur findet hier die Reinigung des Abwassers nicht im Erdboden, sondern in sogenannten Oxydationskörpern (Dunbar) statt.

Man unterscheidet nach der Art des Betriebes zwei Arten der künstlichen biologischen Reinigung, nämlich:

1. das Stau- oder Füllverfahren (intermittierendes Verfahren).
2. das Tropfverfahren (kontinuierliches Verfahren).

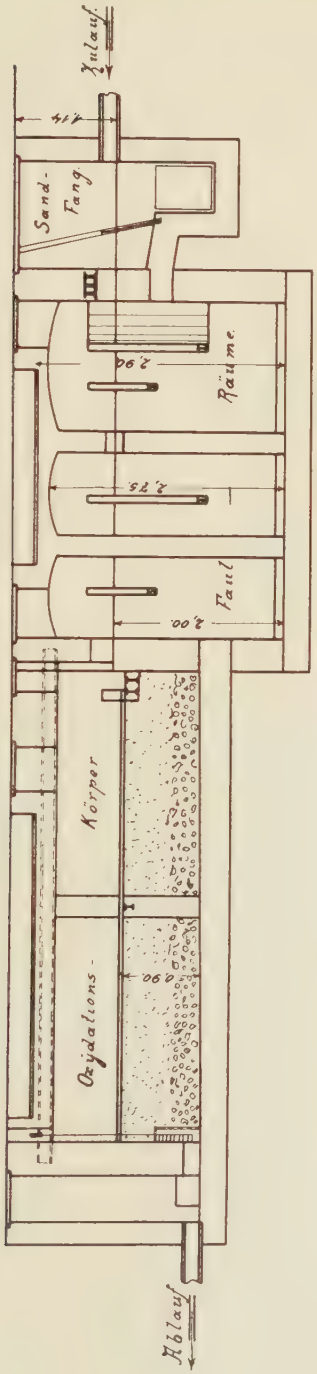
Bei jeder künstlichen biologischen Behandlung der Abwässer ist ihre mechanische Vorklärung (Sandfang, Rechen, Absitzbecken bzw. Faulräume) notwendig, um von vornherein möglichst viele suspendierte Bestandteile aus dem Abwasser zu entfernen. Wird die Vorklärung unterlassen, so tritt sehr bald eine Verstopfung, Verschmutzung und damit Insuffizienz der Oxydationskörper ein.

1. Das Stau- oder Füllverfahren.

Bei dem Stauverfahren wird das mechanisch vorgereinigte, geklärte Abwasser in ein wasserundurchlässiges gemauertes, seltener in ein in undurchlässigem Boden (Ton) direkt ausgegrabenes Becken geleitet, in dem bis zu einer Höhe von etwa 1—2 m Koksstücke, Kesselschlacke oder Ziegelbrocken von einer Korngröße von 3—30 mm gut luftdurchlässig aufgeschichtet sind (Abb. 183). In diesem Becken, welches an seiner Sohle mit einem durch Schieber verschließbaren Ablauf versehen ist, wird das Abwasser eine gewisse Zeit (2—4 Stunden) aufgestaut und dann gereinigt abgelassen. Es hat dann seine Fäulnisfähigkeit verloren. Der Füllkörper muß, ehe er aufs neue mit Abwasser beschickt wird, eine Ruhepause von mindestens 2 Stunden haben. Von Zeit zu Zeit, etwa alle 8 Tage, empfiehlt es sich, den Füllkörpern eine 24 stündige Ruhe zu gewähren. Von solchen Körpern werden in der Regel zwei nebeneinander angeordnet, welche abwechselnd betrieben werden können, um bei Störungen im Betrieb, Notwendigwerden der Reinigung usw. keine Betriebsunterbrechung eintreten lassen zu brauchen.

Während des Leerstehens des Füllkörpers muß eine gute Durchlüftung und Trocknung des Körpermaterials stattfinden. Um der Luft freien Zutritt auch zum Innern des Körpers zu gestatten, muß das Füllmaterial möglichst gleichmäßig groß, von zackiger, rauher Oberfläche und harter, der Verwitterung möglichst widerstehender Beschaffenheit sein. Durch die Untersuchungen Dunbars ist bekannt, daß ein gewisser Eisengehalt des Brockenmaterials die Reinigungswirkung noch zu erhöhen vermag. Je feiner die Korngröße, desto besser ist im allgemeinen bei Füllkörpern die Wirkung. Da kleinkörniges Material indessen die Durchlüftung der Körper erschwert, so dürfen diese bei Material unter 8 mm Korngröße nicht höher als 1 m sein. Bei 8—30 mm Korngröße kann man bis zu 2 m Körperhöhe gehen. Enthält der Körper schichtenweise ungleich großes Füllmaterial, so muß der Uebergang von einer Schicht zur andern allmählich erfolgen, damit das feinkörnige Material nicht die Poren zwischen den größeren Brocken verstopft.

Abbildung 183.



Biologische Füllkörper Anlage des Garnisonlazaretts Lüben (Schlesien) für 38 Personen bei einer täglichen Abwassermenge von 7,6 cbm. Die Anlage besteht aus Sandfang, 3 hintereinander geschalteten Faulräumen mit Tauchwänden, zwei abwechselnd betriebenen Füllkörpern und einem Desinfektionsschacht für die gereinigten Abwässer. Die Anlage ist vor kurzem von der Firma „Wasserversorgung und Abwasserreinigung, System Dittler“ erbaut.

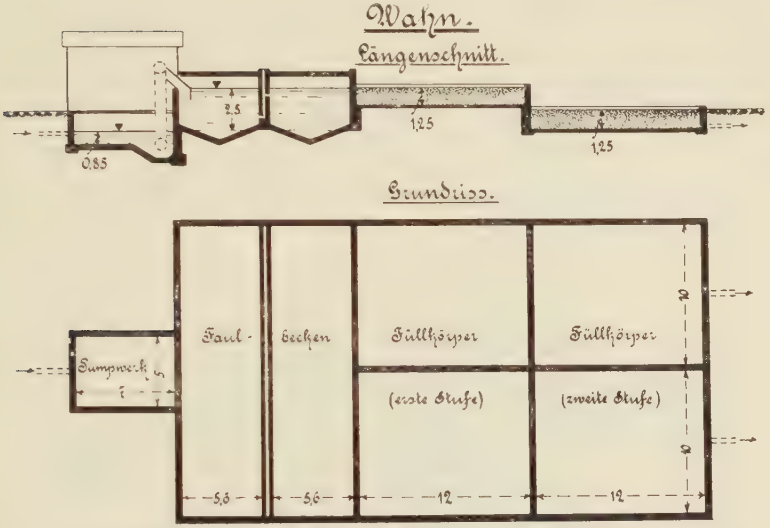
Zur Erzielung eines höheren Reinheitsgrades bei konzentrierteren Abwässern werden häufig mehrere Stufen von Oxydationskörpern hinter einander geschaltet, welche das zu reinigende Abwasser nach einander durchläuft. Zweistufige Füllkörperanlagen sind nach Imhoff stets empfehlenswert, wenn auf den Kopf und Tag weniger als 50—60 l Abwassermenge, also ein sehr „dickes" Abwasser vorhanden ist. Bei sehr konzentriertem Abwasser kann man noch eine dritte Stufe hinzunehmen. Während sich bei einstufigen Füllkörpern im allgemeinen eine Korngröße von 3—8 mm empfiehlt, nimmt man bei mehrstufigen in der ersten Stufe etwas gröberes Material von 10—30 mm, in der zweiten feineres von 5—10 mm Korngröße. (Imhoff.) Bei mehreren hintereinander geschalteten Füllkörpern liegt die Oberfläche des zweiten stets etwas niedriger als die Sohle des vorgeschalteten Körpers, um den Abfluß des Wassers aus dem einen in den andern Körper zu ermöglichen (Abb. 184).

Die Verteilung des zu reinigenden Abwassers soll auf der Oberfläche des Füllkörpers möglichst gleichmäßig erfolgen. Man berücksichtigt dies in neueren Anlagen gewöhnlich durch eine über die ganze Länge des Körpers ausgebreitete Rinnenverteilung, über deren Ränder hinweg das Abwasser auf das Körpermaterial tropft und dieses allmählich ausfüllt. Sonst findet die Verteilung auch häufig durch gelochte Tonrohre statt, welche auf der Oberfläche des Füllkörpers verlegt werden (Abb. 185). Zur Vermeidung von bei der Aufleitung der Abwässer entstehenden Gerüchen kann man die Verteilungsrohre etwa 20—30 mm unter der Körperoberfläche verlegen. Letztere muß, damit die Poren nicht durch abgesetzte suspendierte Bestandteile verstopft werden, alle 2—3 Tage einmal gründlich umgeharkt werden.

Bei jedem Füllkörperbetrieb ist die gute Durchlüftung und Trocknung des Körpers während des mehrstündigen Leerstehens außerordentlich wichtig. Es kommt deshalb viel darauf an, daß für einen guten und vollständigen Abfluß des in dem Körper aufgestauten Wassers bei der Entleerung gesorgt wird. Am besten erreicht man dies gewöhnlich durch Verlegung von Drainröhren an der Körpersohle.

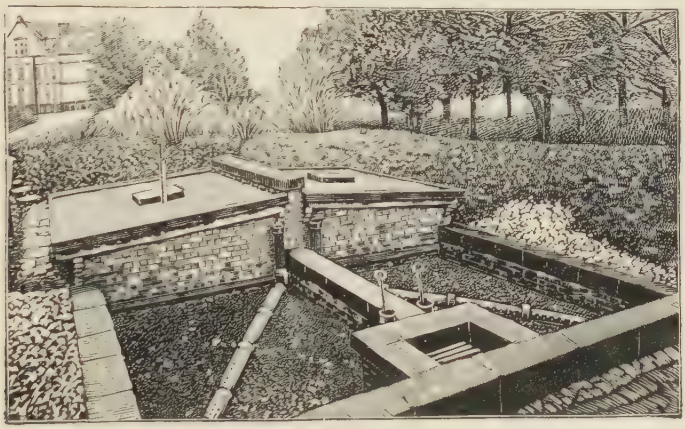
Die zum Aufbau der Oxydations-Füllkörper erforderliche Materialmenge, mit andern Worten die Größe der Körper und die zulässige Belastung richten sich naturgemäß nach der Menge und Konzentration des Abwassers. Für städtische Abwässer mittlerer Beschaffenheit (100 l pro Kopf täglich) rechnet man nach Thumm (20) für 1 cbm Abwasser bei einstufigem Körper 1,7 cbm, bei zweistufigem Körper 2,2 cbm Körpermaterial. Hierbei ist vorausgesetzt,

Abbildung 184.



Zweistufige Füllkörper-Anlage des Truppenübungsplatzes Wahn im Längenschnitt und Grundriß (nach Imhoff). Die Anlage war ursprünglich für 350 cbm tägliches Abwasser bemessen und ist neuerdings erweitert worden.

Abbildung 185.



Biologische Abwasser-Reinigungsanlage des Genesungsheims Rothau XV. A.K. Faulräume und Füllkörper. Projektiert und erbaut durch Schweder & Co. in Groß-Lichterfelde.

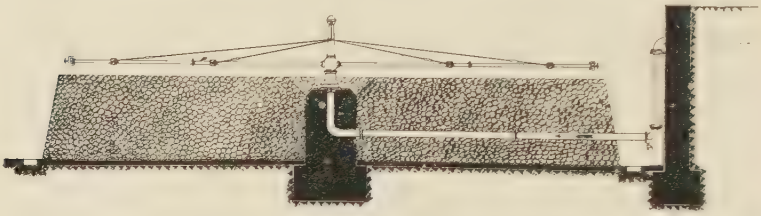
daß durchschnittlich die zweistufigen Körper 3 mal, die einstufigen 2 mal täglich gefüllt werden. Die dieser Berechnung zu Grunde liegende Materialmenge ist so bemessen, daß Ausschaltungen eines Körpers wegen Betriebsstörungen, Entschlammung etc. miteinbezogen sind.

Die Füllkörper müssen in Zeitabständen von 2—5 Jahren von dem in ihnen zurückbleibenden Schlamm durch Auswaschen des auseinander gepackten Körpermaterials gereinigt werden. Der nicht mehr fäulnisfähige Schlamm kann leicht beseitigt werden.

2. Das Tropfverfahren.

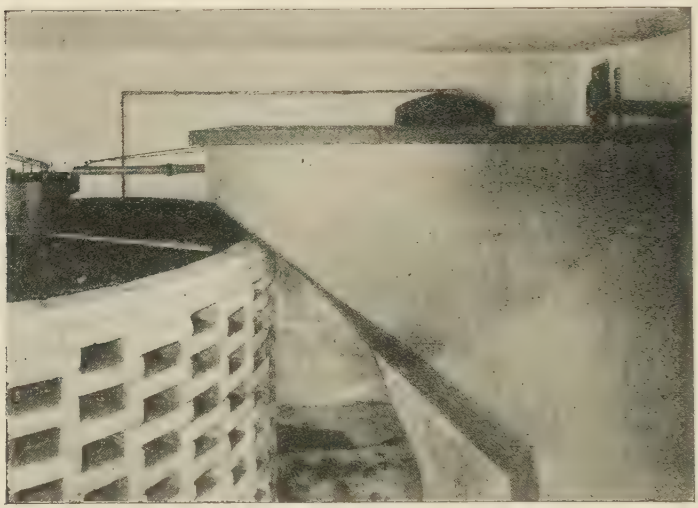
Bei dem Tropfverfahren werden die Oxydationskörper aus einem Brockenmaterial von etwa 50 bis 100 mm Korngröße nicht

Abbildung 186.



Freistehender Tropfkörper mit Sprinklerverteilung.

Abbildung 187.

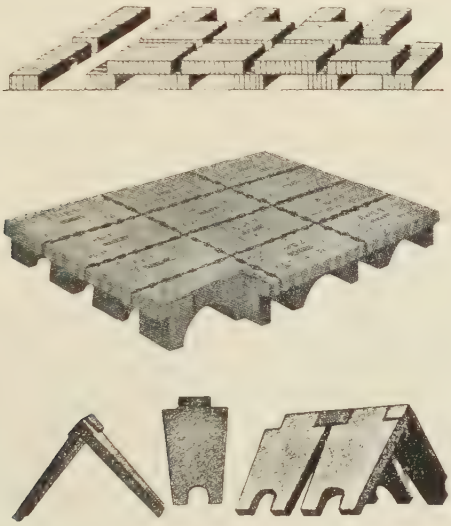


Biologische Abwasser-Reinigungsanlage im Keller des Bezirkskommandos Neustadt a. H. Faulbecken mit aufsteigender Sohle, Tropfkörper mit Sprinkler, erbaut von der „Wasser- und Abwasserreinigung", Neustadt a. H."

in Becken, sondern auf wasserundurchlässiger, mit Gefälle versehener Sohle bis zu einer Höhe von 2 bis 6 m frei aufgebaut (Abb. 186). Um eine gute Durchlüftung des Körpers, die auch bei den Tropfkörpern außerordentlich wichtig ist, zu erzielen, werden

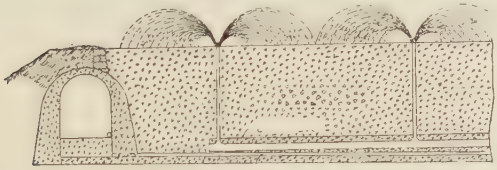
etwa vorgesehene Umfassungsmauern durchbrochen aufgeführt. (Abbildung 187). Zum gleichen Zweck verlegt man das Körpermaterial nicht unmittelbar auf die gemauerte Sohle des Körpers, sondern auf hohle, der letzteren aufliegende Sohlstücke (Abb. 188), welche eine Lüftung vom Boden her und gleichzeitig einen ungehinderten Abfluß des durch den Tropfkörper gelaufenen Wassers gestatten. Man kann auch ev. zu dem gleichen Zweck den ganzen Körper

Abbildung 188.



Sohlstücke für Tropfkörper aus Ziegelsteinen bzw. Ton.

Abbildung 189.



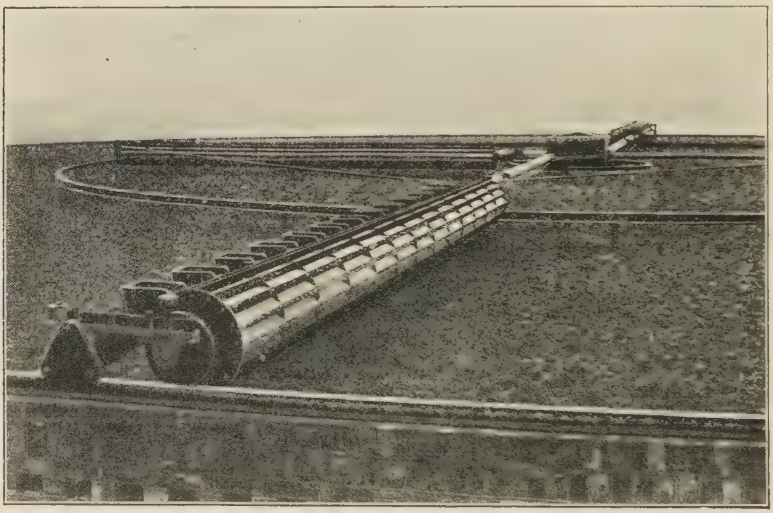
Columbussprenger (Streudüsen) (nach Dunbar, Leitfaden).

mit frei auf einem Eisenbetonrost ruhender Sohle aufbauen. Ist die Bodenentwässerung des Tropfkörpers mangelhaft, so kommt es gewöhnlich zur Bildung von erheblichen Niederschlägen von schwarzem Schwefeleisen in den gereinigten Abwässern infolge Auslaugung der Koks- oder Schlackestücke.

Das beim Tropfverfahren ebenfalls vorgeklärte Abwasser wird auf der Körperoberfläche in Form von Tropfen (Regen) möglichst gleichmäßig unter Ausnützung des ganzen Oxydationskörpers verteilt. Es tropft dann, je nach der Höhe der Körper, in etwa 15—30 Minuten von Brocken zu Brocken, sich auf der Oberfläche der letzteren in feinster Schicht ausbreitend, durch den ganzen Körper hindurch und fließt auf der undurchlässigen Sohle gereinigt ab.

Der Betrieb der Tropfkörper findet ununterbrochen statt, d. h. sobald die dem Fassungsvermögen des Körpers entsprechende Menge Abwasser durchgetropft ist, findet automatisch die Neubeschickung des Körpers mit derselben Abwassermenge statt. Nach 12 stündigem Betrieb sollen auch die Tropfkörper eine etwa ebenso lange Ruhepause erhalten.

Abbildung 190.

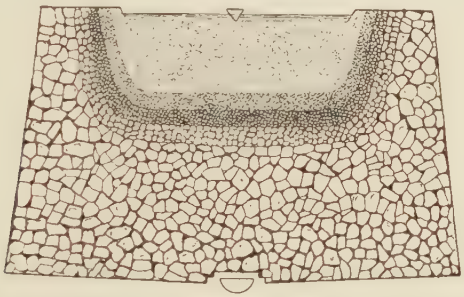


Fiddian-Abwasserverteiler (nach Dunbar, Leitfaden).

Die Verteilung des Abwassers auf der Oberfläche der Tropfkörper erfolgt durch festliegende durchlochte Platten (Stoddart), festliegende durchlochte Röhren (Corbett) oder Streudüsen (Abb. 189) bzw. durch bewegliche Rinnen (Kipprinnen). Ist genügender Druck vorhanden, so wird die Verteilung häufig mittelst feststehender Sprenger oder durch Wasserrückstoß beweglicher durchlochter Röhren (Sprinkler), ähnlich wie bei den bekannten Rasensprengern (Drehverteilern) vorgenommen. (Abb. 186 u. 187). Diese letzteren Apparate haben den Nachteil, daß sie wegen der Gefahr der Verstopfung der

Löcher eine ständige, sehr sorgfältige Ueberwachung erfordern. Bei strengem Frost können sie außerdem bei freistehenden Tropfkörpern unter Umständen einfrieren, wenn letzteres auch wegen der Eigenwärme des Abwassers nur selten der Fall sein wird. Bei heftigem Wind wird ihre Drehbewegung zuweilen behindert. Neuerdings kommt zur Verteilung des Abwassers eine bewegliche Wasserradwalze, der sog. Fiddianverteiler sehr in Aufnahme. (Abb. 190.) Das Abwasser tritt in offene Becher, aus welchen es in einen nach Art eines oberschlächtigen Wasserrades gebauten Verteiler gelangt. Wenn die Rinnen des letzteren gefüllt sind, fängt das Rad an sich zu drehen. Der ganze Apparat bewegt sich durch die eigene Schwere des Abwassers auf zwei Laufschienen über der ganzen Tropfkörperoberfläche. Bei allen Arten der Verteilung auf den Tropfkörpern, bei denen eine gewisse Verstäubung der Abwässer in Regenform stattfindet, entwickelt sich ein recht erheblicher Geruch nach Schwefel-

Abbildung 191.



Dunbarscher Schalentropfkörper (aus Gesundh.-Ingenieur).

wasserstoff, wenn es sich nicht, was aber nur ausnahmsweise der Fall sein dürfte, um ganz frisches Abwasser handelt.

Um bei der Verteilung des Abwassers alle die genannten, immerhin z. T. ziemlich komplizierten Apparate zu vermeiden, empfiehlt Dunbar die Oberfläche des Tropfkörpers mit einer Deckschicht feinkörnigen Materials schalenförmig auszubilden (Hamburger Schalentropfkörper) (Abb. 191.)

Das Abwasser gelangt, ohne durch die Luft zu fallen, auf die Deckschicht, welche sich schwammartig vollsaugt und nun das Abwasser in Tropfenform regenartig von ihrer Unterfläche aus auf den Unterbau des Körpers fallen läßt. Die feine obere Deckschicht muß, wie die obere Schicht eines Füllkörpers alle paar Tage aufgeharkt und event. gereinigt bezw. erneuert werden.

Die obere Decke des Dunbarschen Schalentropfkörpers, auf welche das Abwasser durch eine einfache Rinne geleitet wird, besteht aus einer Schicht Koks von einer Korngröße von nur 1—3 mm. Um ein Hineinspülen dieses feinkörnigen Materials in das gröbere des Unterbaues zu verhindern, schließt sich an die feine

Deckschicht eine erste Zwischenschicht von 3—10 mm, darunter eine zweite von 10—30 mm Korngröße an, dann erst folgt das aufgeschichtete Brockenmaterial des Tropfkörpers mit einer Korngröße von 30—100 mm und darüber.

Abbildung 192

Gesamtansicht der Wilmersdorfer biologischen Abwasser-Reinigungsanlage in Stahnsdorf bei Teltow.

Die größte zur Zeit bestehende biologische Tropfkörperanlage in Deutschland gibt die Abb. 192 wieder. Sie besteht aus 12 Klärbecken, von den jedes rund 1800 cbm Abwasser faßt, und 56 Tropfkörpern mit je 785 cbm Rauminhalt. Die Anlage reinigt die Abwässer des Kanalisationsverbandes der Gemeinden Berlin-Wilmersdorf, Schmargendorf, Zehlendorf, Teltow mit rund 200000 Einwohnern und 21600 cbm täglichem Abwasser. Einschließlich Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals ($6^1/_2$ Millionen Mark) betragen die Kosten der Abwasserreinigung für den Kopf der zur Zeit angeschlossenen Bevölkerung 0,20 M. [1]).

Bei der Behandlung der Abwässer in Oxydationskörpern, und zwar mehr beim Tropf- als beim Füllverfahren, enthält das gereinigte, leicht gelblich gefärbte, aus den Körpern abfließende Abwasser noch sog. „humöse Flocken", von dem Körpermaterial mitgerissene Verwitterungsprodukte, Flocken von Schwefeleisen, Eisenhydroxyd u. ä., sämtlich unschädliche Sinkstoffe. Es wird daher bei der Forderung besonderer Reinheit des behandelten Abwassers zuweilen noch erforderlich, dieses durch eine Nachbehandlung zu „schönen". Letzteres geschieht zweckmäßig entweder in Absitzbecken (Emscherbrunnen) oder durch Sandfiltration, in Fischteichen oder auf Rieselfeldern.

Die erforderliche Größe der Tropfkörper wird nach Thumm (20) in der Weise berechnet, daß zur sicheren Reinigung auf 1,0 cbm täglich

1) Die Kanalisation von Dt.-Wilmersdorf. Wilmersdorfer Blätter 1907.

biologisch zu reinigendes vorgeklärtes Abwasser 1,4 cbm Tropfkörpermaterial kommt.

Während bei Rieselfeldern und intermittierender Bodenfiltration auf 1 ha die Abwässer von 500 bzw. 5000 Menschen gereinigt werden können, kann nach Lübbert 1 ha Füllkörper bei 25 pCt. Porenvolumen und zweimaliger Füllung täglich die Abwässser von 50000, 1 ha Tropfkörper bei zufriedenstellenden qualitativen Leistungen sogar von 200000 Menschen reinigen.

Eine Verschlammung tritt bei den Tropfkörpern wegen des grobkörnigen Materials und der verhältnismäßig weiten Räume zwischen den Brocken nur sehr langsam ein; ein Tropfkörper arbeitet deshalb ohne Reinigung lange Jahre.

Ebenso wie bei den Füllkörpern dürfte auch bei Tropfkörpern im Falle projektierter Neuanlagen für bisher biologisch noch nicht gereinigte Abwässer die Errichtung einer Versuchsanlage zu empfehlen sein, so bald es sich um größere Abwassermengen (große Städte) handelt. Bei den kleineren Anlagen, wie sie für einzelne militärische Gebäude in Frage kämen, ist nach den heutigen Erfahrungen bei richtiger Größenabmessung und Konstruktion der Anlage ein Mißerfolg auch ohne Vorversuche kaum zu fürchten.

Hervorzuheben ist, daß mittelst der künstlichen biologischen Verfahren sich auch industrielle Abwässer event. nach chemischer Neutralisation, wie es bisher scheint, fast ohne Ausnahme gut reinigen lassen [Schiele (21)]. In solchen Fällen sind jedoch Vorversuche bezüglich der Anwendungsmöglichkeit der künstlichen biologischen Reinigung des betr. Abwassers in einer Versuchsanlage stets zu empfehlen, namentlich wenn die Menge der den städtischen Abwässern beigemischten Fabrikabwässer sehr groß ist, oder wenn für die biologische Reinigung reine Fabrikabflüsse in Frage kommen.

Im allgemeinen ist das Verfahren in solchen Fällen geeignet, in denen die Zusammensetzung der gewerblichen Abwässer derjenigen der städtischen ähnlich ist, es sich also wesentlich um eine organische Verschmutzung handelt. Man hat die biologische Reinigung bereits mit Erfolg angewandt bei Abwässern von Zuckerfabriken, Brauereien, Gerbereien, Molkereien, Schlachthöfen, Stärkefabriken u. a.

Die Wirkungsweise der Oxydationskörper und die Vorgänge bei der künstlichen biologischen Reinigung der Abwässer in den Oxydationskörpern werden verschieden beurteilt. Die ursprüngliche Ansicht von Dibdin ging dahin, daß lediglich infolge Bakterienwirkung die fäulnisfähigen Bestandteile der Abwässer durch Oxydation in fäulnisunfähige Produkte verwandelt würden. Bredtschneider (22) will die Wirkung der Brocken auf rein physikalische Vorgänge zurückführen, bei denen sich die abfiltrierten Schmutzstoffe auf der Brockenober-

fläche als gallertige Rasen absetzen, welche dort haften bleiben. Nach der zur Zeit am meisten angenommenen Erklärung, die Dunbar(10) für diese Vorgänge gibt, ist die eigentliche Reinigung, die Entfernung ungelöster und gelöster organischer Stoffe aus dem Abwasser, als Absorptionswirkung zu deuten, welche von der dem Wasser zur Verfügung stehenden Berührungsfläche des Brockenmaterials ausgeübt wird. Neben dieser Absorption spielen Abbauprozesse eine Rolle, welche an den abgelagerten Schmutzstoffen unter dem Einfluß von niederen Lebewesen (Mikroorganismen, Würmern, besonders Regenwürmern, Insektenlarven, Schnecken usw.) bei genügend großem Zutritt von Sauerstoff der Luft stattfinden. Es geht hierbei analog der Wirkung des Erdbodens ein Mineralisierungsprozeß vor sich, bei dem der organische Stickstoff in salpetrige- und Salpetersäure verwandelt, und reichlich Kohlensäure gebildet wird. Bei dem intermittierenden Verfahren wechseln beide Phasen miteinander ab, beim Tropfverfahren gehen sie nebeneinander her, weil hier bei den infolge Verwendung grobkörnigen Brockenmaterials relativ großen Luftwegen (Hohlräumen) der Zutritt der Luft in das Innere der Körper auch während des Durchtropfens des Abwassers möglich ist. Aus dieser Erklärung ergibt sich auch, was bei der Besprechung der Füllkörper bereits erwähnt wurde, ohne weiteres, daß die Reinigungswirkung um so größer ist, je kleinkörniger das Körpermaterial ist, weil kleinkörniges Material dem Wasser die größte Berührungsfläche darbietet. Es geht ferner hieraus die absolute Notwendigkeit der gründlichen Durchlüftung der Körper im allgemeinen, und im besonderen die der Ruhepausen in der Beschickung der Füllkörper hervor.

Die Absorptionsvorgänge spielen sich nach der Erklärung Dunbars hauptsächlich in dem zarten Benetzungshäutchen ab, das sich bei der Berührung des Abwassers mit dem Brockenmaterial auf der Oberfläche des letzteren allmählich, bei neuerbauten Oxydationskörpern gewöhnlich in einigen Wochen nach dem Beginn des Betriebes bildet. Hieraus erklärt sich die regelmäßig gemachte Beobachtung, daß neu in Betrieb genommene Oxydationskörper sich erst nach Verlauf einer gewissen Zeit, etwa 3—4 Wochen, zu voller Leistungsfähigkeit „einarbeiten“.

Da das Abwasser in der Regel selbst im Winter mit einer gewissen Eigenwärme auf die Oxydationskörper gelangt, und in diesen selbst infolge des Oxydationsprozesses eine weitere Erwärmung stattfindet, so ist auch selbst in strengen Wintern der ununterbrochene Betrieb selbst freistehender Tropfkörper möglich.

Die sachgemäß betriebene künstliche biologische Behandlung der

vorgeklärten Abwässer schafft die suspendierten organischen Bestandteile vollständig und die gelösten fäulnisfähigen Substanzen nahezu vollständig, d. h. bis zu 70—80 pCt. aus dem Abwasser heraus. Die gereinigten Abwässer sind sehr reich an Salpetersäure, ihre Oxydierbarkeit (Kaliumpermanganatverbrauch) ist stark herabgesetzt. Die Körperabflüsse biologischer Anlagen sind klar, geruchlos und nicht mehr der stinkenden Fäulnis zugängig.

Füllkörper und Tropfkörper haben im Durchschnitt die gleiche Reinigungswirkung. Die Beantwortung der Frage, für welche Art des Verfahrens man sich im gegebenen Falle entscheiden soll, hängt von verschiedenen Faktoren ab.

Die Füllkörper haben im allgemeinen den Vorteil der leichteren Wasserverteilung, der fast vollständigen Geruchsvermeidung sowie, bei Verwendung feinkörnigen Materials, der mangelnden Fliegenplage und schließlich der völligen Betriebssicherheit während des Winters, wenigstens für deutsche klimatische Verhältnisse. Außerdem ist wegen des geringen Gehalts der gereinigten Abwässer an Schwebestoffen nur sehr selten eine Nachbehandlung erforderlich.

Die Tropfkörper besitzen bei gleicher Größe eine etwas höhere Leistungsfähigkeit. Infolge ihrer besseren Luftdurchlässigkeit können sie höher aufgebaut werden. Dies bedeutet eine gewisse Platzersparnis. Sie brauchen keine oder höchstens durchbrochene Umfassungsmauern, ferner in der Regel weniger Bedienung. Das grobe Körpermaterial verwittert langsamer als das feinkörnige. Der Bau und Betrieb der Tropfkörper, welche außerdem noch weniger verschlammen als die Füllkörper, ist daher im allgemeinen billiger.

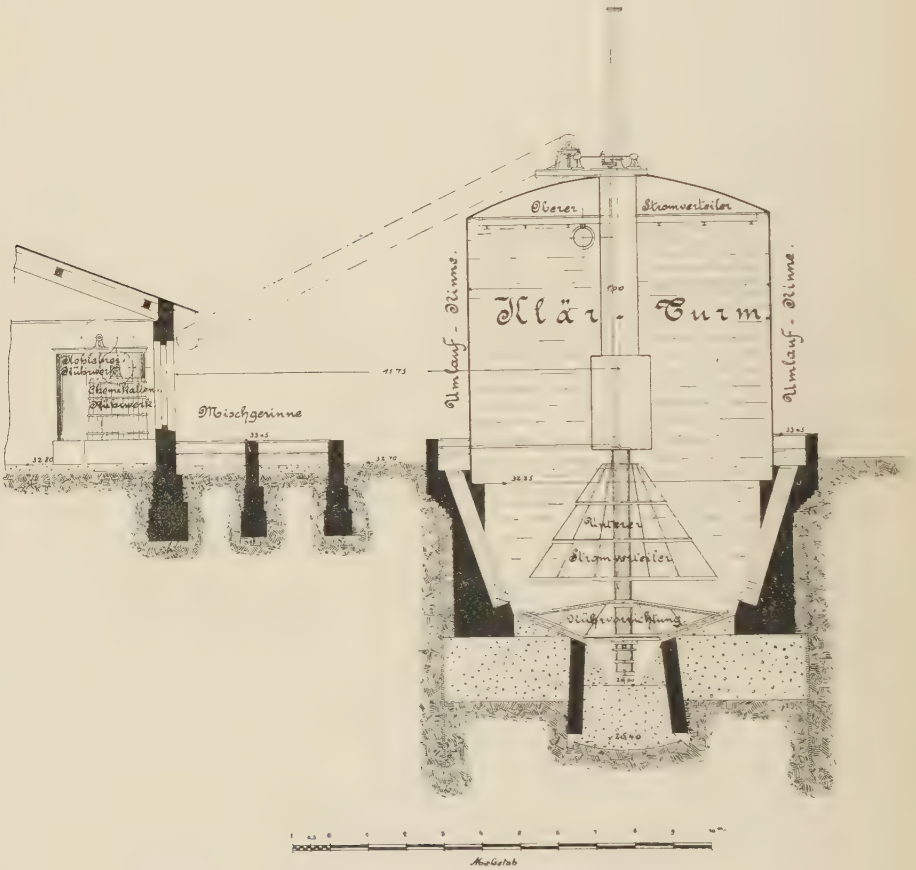
Im großen und ganzen eignen sich für große städtische Anlagen Tropfkörper besser als Füllkörper; letztere sind dagegen vorzuziehen, wenn wegen ungünstiger klimatischer Verhältnisse strenge Kälte zu befürchten ist, ferner bei kleineren, häuslichen Anlagen in der unmittelbaren Nähe von Wohngebäuden, Kasernen, Lazaretten usw., wenn es gilt, aus irgend welchen Gründen Gerüche und Fliegen zu vermeiden.

Die Zweckmäßigkeit des Faulbetriebes als Vorreinigungsverfahren vor der künstlichen biologischen Behandlung der Abwässer ist ebenfalls in den letzten Jahren vielfach der Gegenstand wissenschaftlicher Erörterungen gewesen. Im allgemeinen lassen sich aus hygienischen Gründen Bedenken gegen seine Anwendung nicht geltend machen. Der wichtigste Nachteil des Faulverfahrens, dem man aber durch geeignete Bauart der Faulräume und Oxydationskörper begegnen kann, ist die Geruchsbelästigung. In Deutschland ist man fast überall bei der Vorbehandlung der biologisch zu reinigenden Abwässer zum Faulbetrieb übergegangen. Bei kleinen häuslichen Anlagen wird dieses Verfahren fast ausschließlich verwendet, weil es hier in erster Linie auf einen einfachen, durch die bequeme Handhabung des Schlammes in Faulräumen bedingten Betrieb ankommt.

3. Das Degenersche Kohlebreiverfahren.

Ein besonderes Verfahren, welches seinem Charakter nach zwischen der chemischen Klärung und der soeben besprochenen künstlichen biologischen Reinigung der Abwässer steht, stellt das Degener-Rothesche Kohlebrei- bzw. Torfbreiverfahren (auch Humusverfahren) dar.

Abbildung 193.



Schnitt durch die Kläranlage (Kohlebreiverfahren nach Degener) in Tegel.

Dem Abwasser werden in einem Mischgerinne zuerst fein gepulverte humöse Substanzen (Braunkohle, Torf) und hierauf chemische Fällungsmittel, wie Eisensalze zugesetzt. Die so behandelten Abwässer werden in Rothe-Röcknerschen Klärtürmen von den auf diese Weise ausgefällten Substanzen befreit (Abb. 193). Der Klärturm besteht aus einem Brunnen mit aufgesetztem, oben luftdicht geschlossenem Eisenzylinder (vergl. die Gesamtansicht einer solchen Anlage Abb. 194).

Nachdem durch eine Luftpumpe die Luft des Turms abgesaugt, steigt das in den Brunnen geleitete Abwasser sehr langsam, mit etwa 1 mm Geschwindigkeit in der Minute, zufolge des entstehenden Vakuums in die Höhe. Hierbei findet ein Absetzen der ausgefällten Schwebestoffe statt, welche in ihrer Gesamtmasse gewissermaßen wie ein schwebendes Filter auf die von neuem aufsteigenden Schlammteilchen wirken. Das klare Abflußwasser wird durch Heberwirkung aus dem Brunnen entfernt. Der ausgefällte Schlamm sammelt sich im unteren Teile des Brunnens, von wo er durch ein Rührwerk nach dem Pumpensumpf befördert und von dort aus durch Schlammpumpen entfernt wird.

Die nach dem Degenerschen Verfahren behandelten Abwässer zeigen in der Tat eine ganz erhebliche Herabsetzung der Oxydier-

Abbildung 194.

Gesamtansicht der Kohlebrei-Kläranlage mit Rothe-Röcknerschen Klärtürmen in Oberschöneweide bei Berlin.

barkeit und des Gehaltes an organischem Stickstoff und sind bei geordnetem Betrieb, wenn die Klärtürme nicht etwa überlastet sind, der Fäulnis nicht mehr zugängig. Zu erklären ist dieses Verhalten dadurch, daß durch die feinen in dem Abwasser suspendierten humösen Substanzen ein sehr großer Teil der gelösten organischen Stoffe absorbiert wird. Der ausfallende Schlamm beträgt ungefähr das Dreifache der zugesetzten gepulverten Kohle. Die Reste des Schlammes werden aus dem gereinigten Abwasser durch ein nachgeschaltetes kleines Sandfilter (Schönfilter) entfernt.

8. Kapitel.

Die Schlammbeseitigung, Desinfektion der Abwässer, Beurteilung der Reinigungswirkung, Kosten und Wahl der verschiedenen Verfahren.

a) Die Schlammbeseitigung.

Unter allen mit der Abwasserbeseitigung zusammenhängenden Fragen ist diejenige der Schlammbeseitigung in der Praxis am schwierigsten zu lösen. Bei der mechanischen Klärung werden in den Klärräumen aus 1 cbm Abwasser durchschnittlich 5 Liter Schlamm mit einem Wassergehalt von 90—95 pCt. abgesetzt. Diese Schlammmassen, welche infolge des ev. Gehalts an pathogenen Bakterien als infektiös anzusehen sind, bestehen etwa zur Hälfte aus organischen Substanzen. Ihre Neigung, in stinkende Fäulnis überzugehen und belästigende Gerüche zu verbreiten, ist daher sehr bedeutend. Um so sorgfältiger und schneller ist infolgedessen ihre endgültige Beseitigung erforderlich.

Entweder geschieht dies in flüssiger Form unter Verwertung für landwirtschaftliche Zwecke, oder man versucht, den Schlamm durch Lagerung auf Land und Abfließenlassen des Wassers zu trocknen und in stichfeste Form zu bringen. Das abfließende Wasser wird nach der Kläranlage zurückgeleitet und nochmals der Behandlung unterworfen. Die Beseitigung des Wassers aus dem Schlamm wird ferner durch Filterpressen und in letzter Zeit besonders erfolgreich durch Zentrifugieren [Schäfer-ter Meer (23)] bewirkt.

Man hat ferner versucht den Schlamm, welchem auf die beschriebene Art, ein Teil des Wassers — bis zu etwa 25 % Wassergehalt — entzogen werden kann, durch Zusatz von brennbaren Stoffen als Brennmaterial zu verwenden. In dieser Hinsicht hat sich besonders das Kohlebreiverfahren bewährt. In Potsdam wird z. B. der mit Kohlepulver zu Briketts gepreßte Klärschlamm der städtischen Abwasserreinigungsanlagen (System Degener-Rothe) mit gutem Erfolg als Brennmaterial zur Kesselfeuerung in dem neben der genannten Anlage gelegenen städtischen Elektrizitätswerk benutzt. Neuerdings ist es auch gelungen, den Torfbreischlamm in Generatoröfen zur Erzeugung von Kraftgas zu verwenden. (System Rothe u. Co., Oberschöneweide.)

b) Die Desinfektion der Abwässer.

Von sämtlichen Verfahren der Abwässerbehandlung entfernen nur die natürliche Bodenberieselung sowie die intermittierende Bodenfiltration nach Frankland mit einiger Sicherheit etwa in den Ab-

wässern vorhandene pathogene Bakterien. Bei allen anderen, mechanischen, chemischen und den künstlichen biologischen Verfahren bleiben die Abwässer trotz der Behandlung sicher infektiös. Wenn auch im allgemeinen die Desinfektion der Abwässer für gewöhnlich vor Einleitung in den Vorfluter nicht nötig ist, so wird man doch bei solchen Anlagen die Desinfektion der Gesamtabwässer unter gewissen Umständen z. B. beim Auftreten schwererer Epidemien von Cholera, Typhus oder Ruhr und bei den Abwässern der Krankenhäuser, besonders ihrer Infektionsabteilungen, nicht entbehren können. Bei der Anlage derartiger Abwasserreinigungsbetriebe muß daher von vornherein auf die für die Desinfektion der Abwässer erforderlichen Einrichtungen Rücksicht genommen werden. Diese bestehen in der Regel in besonderen der Anlage nachgeschalteten Desinfektionsschächten, in welchen das Desinfektionsmittel dem Abwasser zugesetzt wird, oder es lassen sich zu diesem Zweck auch Klärbecken unter veränderter Anordnung der Zuleitung verwenden.

Die Desinfektion wird zweckmäßig an den bereits geklärten oder gereinigten Abwässern vorgenommen. Bei rohen Abwässern ist sie wegen der großen Menge der suspendierten Bestandteile technisch kaum durchführbar und wegen der geringen Tiefenwirkung des hauptsächlich als Mittel in Frage kommenden Kalkes und Chlorkalkes sehr unsicher.

Von der Anwendung des Kalkes als Abwasserdesinfektionsmittel im großen ist man wegen der Unsicherheit seiner Wirkung und seines hohen Preises jetzt wieder ganz abgekommen. Statt dessen wird z. Z. allgemein der wohlfeilere und nach Schumacher (24) und Schwarz (25) bei einem Zusatz von 1:5000 in zweistündiger Einwirkung sicher wirkende Chlorkalk benutzt. Notwendig ist zur sicheren Desinfektionswirkung die vorherige Entfernung der suspendierten Stoffe bis zu 1 mm Größe aus dem zu desinfizierenden Abwasser. Da das überschüssige freie Chlor für Fische gefährlich werden kann und Eisenteile, z. B. Brückenkonstruktionen angreift, so ist seine Neutralisierung in dem so behandelten Abwasser durch Zusatz von Eisenvitriol vor Einleitung in den Vorfluter erforderlich.

c) Die Beurteilung des Reinheitsgrades biologisch gereinigter Abwässer.

Wenn das Abwasser überhaupt eines höheren Reinheitsgrades bedarf, um in öffentliche Gewässer abgeleitet werden zu können, so darf es nach der Behandlung in erster Linie nicht mehr fäulnisfähig sein. Letzteres ist nach Dunbar und Thumm (26) im allgemeinen der Fall, wenn die ungelösten Schmutzstoffe ganz bezw. bis auf einige

Prozente entfernt, und die Oxydierbarkeit nach Kubel-Tiemann gegenüber dem filtrierten Rohabwasser um etwa 60—65 pCt. oder mehr herabgesetzt ist. In solchem gereinigten unverdünnten Abwasser dürfen Fische nicht absterben.

Den Hygieniker interessiert in erster Linie, wenn es sich um die schnelle Beurteilung des Reinigungseffektes einer Anlage handelt, die Frage, ob das Abflußprodukt noch fäulnisfähig ist oder nicht. Ein nicht fäulnisfähiges Abwasser darf bei einwöchigem Stehen in geschlossener Flasche bei etwa 20° C keinen fauligen Geruch bezw. keinen Geruch nach Schwefelwasserstoff annehmen.

Zur Prüfung des Abwassers auf Fäulnisfähigkeit sind verschiedene Methoden angegeben worden, von denen hier nur einige erwähnt seien.

Im allgemeinen kommt man in der Praxis mit der einfachen Bleipapierprobe aus. Zwischen Kork und Hals der gut geschlossenen, bei etwa 20° aufbewahrten Flasche mit Abwasser wird ein Streifen Bleipapier geklemmt. Bei Entwickelung von Fäulnis (Schwefelwasserstoff) tritt Schwarzfärbung des Streifens (Schwefelblei) und deutlicher Geruch nach Schwefelwasserstoff auf.

Etwas feiner ist die Methode von Spitta und Weldert (27), welche die reduzierende Wirkung der Fäulnisprodukte, besonders des H_2S auf das Methylenblau benützt. Das letztere wird durch Reduktion in eine farblose Leukobase verwandelt. 0,3 ccm einer 0,05 proz. wäßrigen Lösung von Methylenblau medicinale werden auf den Boden eines 50 ccm haltenden mit Glasstöpsel verschließbaren Fläschchens gegeben und dann das Fläschchen bis zum Rande mit dem zu prüfenden Abwasser aufgefüllt. Der Glasstopfen muß so aufgesetzt werden, daß keine Luftblase in dem Flaschenhals bleibt, und fest verschlossen werden. Das Fläschchen wird bis zu 6 Stunden im Brutschrank bei 37° beobachtet. Tritt keine Entfärbung ein, so kann im allgemeinen angenommen werden, daß das Abwasser nicht mehr fäulnisfähig ist.

Auf demselben Prinzip beruht die Methode von Seligmann (28), welcher zu einer bestimmten Menge Methylenblaulösung (3 Tropfen einer Lösung Methylenbl. med. 1,0, Alkohol. absol. 20,0, Aqu. dest. 29,0) fallende Mengen Abwasser hinzusetzt und die kleinste reduzierende Menge des letzteren bestimmt. Nimmt bei mehreren aufeinander folgenden Untersuchungen diese Menge ab, so ist das Abwasser nicht genügend gereinigt, sondern noch fäulnisfähig (Auftreten von Reduktionsprozessen nach der Reinigung).

Der Hamburger Test auf Fäulnisfähigkeit beruht auf der Feststellung von organischem Schwefel in dem zu untersuchenden Abwasser.

Zu erwähnen ist ferner noch die Methode der Bestimmung des Sauerstoffverbrauches, der bei gut gereinigten Abwässern eine gewisse Grenze nicht überschreiten darf.

In ähnlicher Weise bestimmen Dunbar und Thumm indirekt die Fäulnisfähigkeit gereinigter städtischer Abwässer durch Vergleich ihrer Oxydierbarkeit (Kaliumpermanganatverbrauch) mit derjenigen des Rohabwassers. Erfahrungsgemäß soll nach den gen. Autoren ein gereinigtes Abwasser nicht nachfaulen, wenn seine Oxydierbarkeit gegenüber der des Rohwassers um 60—65 pCt. herabgesetzt ist.

d) Die Kosten der Abwasserbeseitigung.

Für die Berechnung der bei der Beseitigung der Abwässer für die Gesamtanlage und den Betrieb bei den einzelnen Verfahren entstehenden Kosten kommen so viele einzelne, nach den jedesmaligen örtlichen Verhältnissen verschiedene Momente in Betracht, daß man nur aus Durchschnittszahlen einen gewissen Ueberblick gewinnen kann.

Einen ungefähren Einblick geben die von Brix und Kruse aufgestellten Berechnungen (nach v. Esmarch).

Höhe der jährlichen Gesamtkosten (mit Ausnahme der Hauskanalisation) pro Kopf in Mark (Brix)	Minimum	Maximum	Mittel
Schwemmkanalisation mit Rieselfeldern	2,10	5,50	3,65
„ „ „ mit Pumpenanlage	3,10	7,00	4,90
Schwemmsystem und Kläranlage	2,30	6,25	4,00
„ „ unmittelbare Einleitung in einen Fluß	2,00	5,00	3,30
Trennsystem mit Regen- und Schmutzwassernetz und Kläranlage	2,95	7,25	4,60
Trennsystem ohne besonderes Regenwassernetz und Kläranlage	1,65	3,65	2,50
Spülkanalisation, gemeinschaftliche Kanäle mit chemischer Klärung und Abfuhr der Exkremente	3.40	8,15	5,50

Nach Kruse kosten (1902) pro Kopf und Jahr (einschließlich der Verzinsung und Amortisation der Bausumme):

Berieselung	1,3—2,5 M.	(einschließlich Pumpenanlage),
Oxydationsverfahren . .	0,8—2,0 „	(ohne Faulraum),
chem. Klärung . . .	0,5—1,8 „	(ohne Schlammbeseitigung),
mech. „ . . .	0,3—0,45 „	„ „
Schlammbeseitigung . .	0,1—0,7 „	
Desinfektion	0.1—0,8 „	

e) Die Wahl der Reinigungs- oder Klärmethode der Abwässer.

Im allgemeinen ist die Art der jedesmal zu wählenden Methode der Reinigung oder Klärung, d. h. endgültigen Beseitigung der Abwässer durchaus von den örtlichen Verhältnissen abhängig, ferner aber, wie oben schon ausführlich betont wurde, von dem zu fordernden Reinheitsgrad der Abwässer. Dieser hängt von ihrer Konzentration und der Beschaffenheit des zur Verfügung stehenden Vorfluters ab. Unter militärischen Verhältnissen handelt es sich, wenn diese Fragen an den Sanitätsoffizier oder Verwaltungsbeamten herantreten, wohl ausnahmslos um die Beseitigung der Abwässer aus einzelnen Kasernen, Lazaretten, Truppenübungsplätzen usw., welche nicht an die Kanalisation angeschlossen sind. Ist in solchen Fällen eine weitergehende Reinigung der Abwässer bis zur Fäulnisunfähigkeit bei kleinerem Vorfluter notwendig, so kann nach dem heutigen Stande der Abwasserfrage eigentlich nur die künstliche biologische Reinigung in Oxydationskörpern oder bei Vorhandensein geeigneten Bodens, der z. B. in der Nähe von Truppenübungsplätzen häufiger zu finden sein wird, die Anlage intermittierender Bodenfilter in Frage kommen. Daß eigentliche Rieselfelder oder gar das Humusverfahren für die Verhältnisse des militärischen Kleinbetriebes aus mannigfachen Gründen ungeeignet sind, braucht nicht erst besonders erwähnt zu werden.

9. Kapitel.

Die Beseitigung der Abfallstoffe in militärischen Lagern und im Felde.

Die einschlägigen militärischen Bestimmungen besagen etwa folgendes:

Biwaks- und Lagerplätze sollen auf trockenem und durchlässigem Boden liegen. Frühere Biwaksplätze sind nicht wieder zu beziehen. Auf die Ableitung der Niederschlagswässer ist peinliche Sorgfalt zu verwenden. Zum Schlachten und für die Beseitigung der Abfälle wird die Anlage besonderer Plätze empfohlen (Ziff. 438. K. S. O.). Wenn unter den Truppen übertragbare Krankheiten herrschen, so findet zweckmäßig ein häufiger Wechsel der Lagerplätze statt. Zelte und Hütten müssen peinlichst rein gehalten und umgesetzt werden (Ziff. 440. K. S. O.). Soweit Abfälle verschiedener Art z. B. von Feldschlächtereien nicht verbrannt werden können, empfiehlt sich ihr möglichst baldiges und tiefes Vergraben, so daß sie von Tieren nicht an die Oberfläche gebracht werden können (Ziff. 506. K. S. O.).

Als Feldlatrine wird ein Graben, wenn angängig weit abwärts vom Biwaksplatz eingerichtet (Ziff. 410. F. O. und Feldpionier-Vorschrift f. d. Infanterie. Ziff. 173, 177).

Die Beseitigung der Abfallstoffe in militärischen Lagern und besonders im Felde erfordert wegen der Gefahr der schnellen Verbreitung von Infektionen bei in größerer Anzahl eng zusammenliegenden Truppen die allergrößte Beachtung. Die Entfernung der Abfallstoffe muß schnell und vollständig erfolgen. Verunreinigungen der Luft, des Bodens, vor allem aber der Wasserläufe, die im Felde oft zur Entnahme von Trinkwasser dienen müssen, sind hierbei sorgfältig zu vermeiden.

Für ständige Friedenslager (Truppenübungs- und Schießplätze) kommen unter Anpassung an die vorliegenden örtlichen Verhältnisse alle die Maßregeln in Anwendung, die in den vorhergehenden Abschnitten besprochen worden sind. Eine der wichtigsten hygienischen Aufgaben in ständigen Friedenslagern ist die Beseitigung der Fäkalien und der Brauchwässer. Unter den hierfür in Betracht kommenden Methoden stehen beim Vorhandensein einer Kanalisation, welche auch auf Truppenübungsplätzen usw. stets als das in sanitärer Beziehung Beste anzustreben ist, die künstlichen biologischen Verfahren bzw. die intermittierende Bodenfiltration obenan. Bei den übrigen Abfällen, Müll usw. sollte auch in Friedenslagern von der Verbrennung, soweit wie irgend angängig, Gebrauch gemacht werden.

Besondere Verhältnisse liegen für die Beseitigung der Abfallstoffe im Felde und in Manöverbiwaks vor. Durch die Ansammlung oft außerordentlich großer Massen von Menschen und Tieren auf verhältnismäßig engem Raum, die Unbilden der Witterung, die Anstrengungen des Kriegsdienstes und die oft mangelhafte Ernährung und Trinkwasserversorgung der Truppen im Felde sind Bedingungen

geschaffen, welche das Auftreten und die Verbreitung von Infektionskrankheiten erfahrungsgemäß sehr begünstigen. In fast allen Kriegen haben daher die Kriegsseuchen eine verhängnisvolle Rolle gespielt und bei den Feldarmeen oft mehr Opfer gefordert als die Waffen des Feindes.

Das Verhältnis des Abganges durch Tod infolge Krankheiten und Waffengewalt in den einzelnen größeren Kriegen des vorigen und dieses Jahrhunderts kommt in der folgenden Uebersicht zum Ausdruck [nach Knaak) 29]:

Es stellte sich dieses Verhältnis im

Türkisch-russischen Krieg (1828—29)	
Russische Armee	4 : 1
Krimkrieg (1854—1856)	
Englische Armee	3,7 : 1
Französische Armee	3,9 : 1
Feldzug 1866	
Preußische Armee	1,4 : 1
Oesterreichische Armee	1,1 : 1
Feldzug 1870/71	
Deutsche Armee	0,56 : 1
Türkisch-russischen Krieg (1877—78)	
Donau-Armee (russisch)	2,5 : 1
Kaukasus-Armee „	18,8 : 1
Chinesisch-japanischen Krieg (1894—95)	
Japanische Armee	12 : 1
Russisch-japanischen Krieg (1904—05)	
Japanische Armee[1])	0,37 : 1.

Je länger die Kriege dauern, desto heftiger und mörderischer pflegen die Kriegsseuchen aufzutreten. Nach Knaak starben von je 100 an Unterleibstyphus Erkrankten während des Sezessionskrieges (1861—65)

vom	30. 6. 61	bis 30. 6. 62	25,7 pCt.
„	30. 6. 62	„ 30. 6. 63	32.6 „
„	30. 6. 63	„ 30. 6. 64	44.2 „
„	30. 6. 64	„ 30. 6. 65	59,5 „
„	30. 6. 65	„ 30. 6. 66	49,2 „

Unter den Kriegsseuchen spielen die infektiösen Darmerkrankungen Unterleibstyphus, Ruhr und Cholera die Hauptrolle. Noch 1870/71 herrschten in dem französischen Feldheere die Pocken in

1) Koike, Deutsche militärärztl. Zeitschr. 1906.

hohem Maße, und in den Feldzügen früherer Jahrhunderte wurden die Heere von der Pest dezimiert.

Um dem Auftreten der Infektionskrankheiten und ihrer Verbreitung zu begegnen, kommen in den Feldlagern in erster Linie neben einer einwandfreien Trinkwasserversorgung die energische und sachgemäße Beseitigung und womöglich Vernichtung derjenigen Abfallstoffe in Betracht, durch welche erfahrungsgemäß Infektionsgefahren für die Truppen entstehen können.

Von hierfür in Frage kommenden Abfallstoffen sind zu nennen:

1. Die menschlichen Exkremente,
   a) Kot,
   b) Harn,
2. Regenwasser,
3. Pferdedung,
4. Küchenabfälle, Spülwässer, Abfälle von Schlachtplätzen,
5. Kehricht (Konservenbüchsen, Papier, Stroh, Nahrungsreste, alte Wäschestücke),
6. Menschliche Leichen,
7. Tierische Kadaver.

Die genannten Abfallstoffe können teilweise selbst, wie hauptsächlich Kot und Harn, Infektionserreger beherbergen, teilweise, wie Pferdedung und Konservenbüchsen, Ungeziefer, namentlich Fliegen anziehen und Gelegenheit zu ihrer schnellen Vermehrung und damit außer zur Fliegenplage indirekt unter Umständen zur Verbreitung von Infektionskrankheiten Veranlassung geben.

Umherliegendes Papier, Scherben usw. sind schon aus ästhetischen Gründen und wegen der Erziehung der Truppe zur Sauberkeit aus den Lagern und Biwaks zu entfernen, wenn sie auch selbst kaum Infektionsstoffe bergen werden.

Die Entfernung und genügende Ableitung der Regenwässer geschieht nicht nur aus Sorge um die Trockenhaltung des Lagers, sondern weil, wie wir oben schon erwähnt haben, mit den Regenwässern zuweilen oberflächlich liegende Infektionsstoffe verschleppt werden können. Im allgemeinen wird für die Anlegung von Biwaks und Feldlagern, sobald aus taktischen Gründen die Wahl des Platzes überhaupt zulässig ist, eine Gelände mit für den Abfluß der Niederschlagswässer günstigen Bedingungen überall gefunden werden können. Um Ansammlungen von Wasser innerhalb des Lagers zu vermeiden, wird man dem natürlichen Abfluß durch Drainage des Bodens (Draingräben), sowie durch Anlage von mit diesen verbundenen Ableitungs-

gräben um die einzelnen Zelte herum nachhelfen können. Für die Beseitigung der Waschwässer empfiehlt sich, soweit durchführbar, die Anlage von besonderen Waschplätzen, die unter Umständen öfter zu wechseln sind.

An erster Stelle steht auch im Felde naturgemäß bezüglich ihrer Wichtigkeit die Beseitigung der menschlichen Exkremente, deren Bedeutung für die Verbreitung der Infektionskrankheiten weiter oben bereits ausführlich erörtert worden ist.

Der Harn sickert, wenigstens auf trockenem Boden, zwar schnell ein. Sind in ihm Krankheitserreger enthalten, so werden diese jedoch in der obersten Bodenschicht zurückgehalten und können unter Umständen beim Verstauben des Bodens durch stärkeren Wind bzw. durch die Stiefel der Leute weiter verschleppt werden. Aus hygienischen Gründen muß deshalb dafür gesorgt werden, daß auch der nicht bei der Kotabsetzung produzierte Harn nur an bestimmten Stellen des Feldlagers usw. gelassen wird, welche eine hygienische Kontrolle gestatten. Am besten werden zu diesem Zweck in der Nähe der Latrinen flache Gräben angelegt, in welchen der hineingelassene Urin im Boden versickert. Zur Verhütung etwaiger ammoniakalischer Gärung größerer Mengen von Harn und hierdurch bedingter Geruchsbelästigungen empfiehlt es sich, diese Gräben in länger bezogenen Lagern durch tägliche Aufschüttungen von Erde zu behandeln.

Für die Absetzung der festen Exkremente werden in allen Heeren der Neuzeit wohl ohne Ausnahme in vorübergebend bezogenen Lagern sogenannte Feldlatrinen, d. h. frisch aufgeworfene Latrinengräben benutzt.

Bei ihrer Anlage sind hauptsächlich folgende Gesichtspunkte maßgebend: Lage windabwärts, leichte Erreichbarkeit bei Nacht, keine unterirdische Verbindung mit Wasserentnahmestellen, am besten an der dieser abgewendeten Lagerseite, möglichste Entfernung von den Feldküchen.

Der in diesen Gräben abgesetzte Kot wird jedesmal von dem betreffenden Mann, am besten sofort, durch Erde überschüttet, wozu in der Regel die ausgeworfene Erde des Grabens benutzt wird.

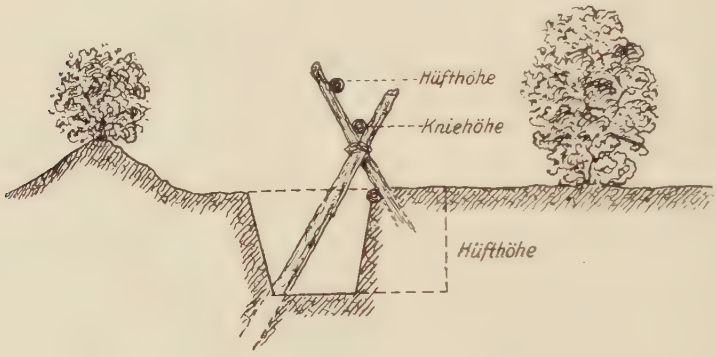
Die Form der deutschen Feldlatrinengruben (nach Ziffer 177, Feldpionier-vorschrift) ist aus der Abb. 195 ersichtlich. In einen hüfthoch tiefen Graben mit steilen Rändern werden in Entfernung von 2—3 Schritt Stangen über Kreuz eingeschlagen, welche in Knie- und Hüfthöhe durch Querstangen verbunden sind, von denen die untere die Sitzstange bildet. Der Grabenrand ist an der Stelle, an welcher die Füße aufgesetzt werden, durch Vorlegen einer Stange gegen Abtreten geschützt. Gegen Einsicht kann um die Latrine eine schützende Wand aus Sträuchern etc. gebildet werden.

Im südwestafrikanischen Feldzuge hatte Schian[1]) das Beschütten des Kotes mit Erde den Truppen entsprechend der hierüber in der englischen Armee bestehenden Vorschrift zur Pflicht gemacht. Nach dieser Vorschrift wurden abweichend von den in der Feldpionier-Vorschrift gemachten Angaben in Südwestafrika die Latrinengruben parallel nebeneinander in Abständen von 1,5 m angelegt. Ihre Breite betrug etwa 0,30, die Tiefe mindestens 0,50 m. Da die Mannschaften über diesen Gräben in der Längsrichtung, die Beine über beiden Rändern gespreizt, hocken mußten, gelangte auch der Harn in die Latrinengrube. Hierdurch wurde eine Beschmutzung des umliegenden Erdreichs vermieden.

Sobald die Latrinengräben etwa $^3/_4$ mit Kot und Erde angefüllt sind, werden sie zugeschüttet. Alte Latrinengräben werden durch Strohwische, Tafeln usw. für die nachrückenden Truppen kenntlich gemacht.

Eine Desinfektion des abgesetzten Kotes in den Gräben ist gewöhnlich im Felde ebensowenig erforderlich wie im Frieden. Auch beim Auftreten infektiöser Darmerkrankungen wird man zur Ab-

Abbildung 195.



Deutsche Feldlatrinengrube.

haltung des Ungeziefers (Fliegen) im allgemeinen schon mit der Ueberschüttung mit Eisenvitriol, Erde, Asche, Torfmull auskommen können (Ziff. 507 K. S. O.). Im übrigen wäre die Desinfektion mit Kalkmilch oder Chlorkalk vorzunehmen. Lion empfiehlt nach englischem Muster außerdem die Aufstellung von Blechschalen mit Desinfektionslösungen bei jeder Latrine zur obligatorischen Desinfektion der Hände. Er konnte diese Maßregel sogar unter ungünstigen afrikanischen Verhältnissen durchführen. Empfehlenswert wäre auch, wenn irgend durchführbar, im Felde, besonders beim Auftreten infektiöser Darmerkrankungen, die Verabreichung von Klosettpapier an die Mannschaften auf den Feldlatrinen. Letztere wäre durch einen besonderen an der Latrinengrube aufgestellten Posten zu besorgen, der auch gleichzeitig das Beschütten des Kotes mit Erde zu beaufsichtigen hätte.

Muß sich die Truppe auf ein längeres Verweilen in dem be-

1) Nach Lion, Deutsche militärärztl. Zeitschr. H. 20. 1909.

treffenden Lager, z. B. bei Belagerungsarmeen, einrichten, so ist es empfehlenswert, statt der beschriebenen primitiven Latrinen des Feldlagers den Friedensverhältnissen einigermaßen angepaßte Einrichtungen für die Abortanlagen und Abfuhr der Abfallstoffe, besonders aber der Fäkalien zu treffen. Lion empfiehlt hierfür in erster Linie ein mittelst wasserdichter Behälter verschiedener Art, Eimer, Kisten usw. improvisiertes Tonnensystem. Die mit Seitenwänden versehenen Abortsitze müssen zur Abhaltung der Fliegen von den Fäkalien mit Deckel verschlossen sein.

Die Abwässer von Küchen usw. empfiehlt es sich nach dem im englischen Heere üblichen Verfahren, sobald ein geeigneter Boden vorhanden ist, in Gruben versickern zu lassen. Die Grube wird bis zu einer gewissen Höhe mit Steinen und Kies gefüllt, über diese Füllung kommt Strauchwerk, Heu, Stroh usw., durch welches die suspendierten Bestandteile, besonders Fett, zurückgehalten werden, und welches täglich erneuert wird. Das alte Strauchwerk usw. wird verbrannt.

Bezüglich der Beseitigung der Küchen- und Schlachtabfälle schreibt die K. S. O. vor, diese möglichst tief zu vergraben bzw. zu verbrennen. Bei kurzem Lageraufenthalt kann man zweifellos durch Vergraben schließlich alle Abfallstoffe endgültig beseitigen. Bei länger bezogenen Lagern wird sich dieses aus äußeren Gründen jedoch nicht immer konsequent durchführen lassen. Daher dürfte sich die Verbrennung überhaupt für alle Abfallstoffe, z. B. auch den trockenen Pferdemist, von vornherein empfehlen. Ganz besonders aber wird dieses Verfahren in länger bezogenen Lagern vor dem Vergraben zu bevorzugen zu sein.

Da es nicht immer leicht ist, namentlich bei feuchter Witterung, die Verbrennung der Abfälle durch einfaches Anzünden von Holz oder mit Stroh, Papier usw. zusammen durchzuführen, so sind für länger bezogene Lager verschiedene einfache stationäre Verbrennungsstätten empfohlen worden.

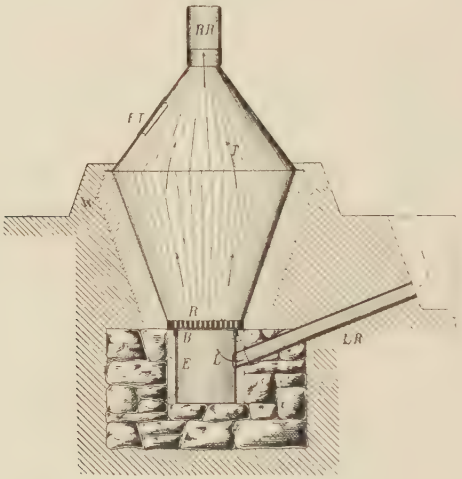
In der Regel handelt es sich um mit Feldsteinen ausgelegte Gruben, welche mit seitlicher Luftzuführung versehen sind. In ihnen wird entweder direkt das zu verbrennende Material angezündet, oder die Grube erhält, wie es bei dem in der amerikanischen Armee eingeführten „Spider“ der Fall ist, einen besonderen auf 4 Füßen ruhenden Korbrost, welcher die zu vernichtenden Abfallstoffe aufnimmt.[1])

Einen Feldverbrennungsofen nach Kori, über welchen ebenfalls Lion Mitteilung macht, stellt die Abbildung 196 dar.

1) Lion, l. c.

Die Verbrennungsstätte besteht aus einem trichterförmigen Loch, das oben 1,0 m und unten 0,5 m weit und 0,75 m tief ist. An den Trichter schließt sich nach unten eine zylindrische Fortsetzung von 0,5 m Weite und 0,5 m Tiefe. Die ausgehobene Erde wird um den Rand des Trichters zu einem kleinen Wall ringförmig aufgeschüttet. Das Innere des Trichters wird, wenn möglich, mit nassem Lehm ausgeschlagen, der später beim Benutzen des Ofens festbrennt; die zylindrische Fortsetzung des Trichters wird mit einer Steinbettung ausgekleidet. In dieses Loch wird ein schmiedeeiserner Eimer E hineingelassen, der bequem am Bügel B herauszunehmen ist und ein seitlich zu einer Vertiefung V führendes Luftrohr LR zur ungehinderten Zuführung der Verbrennungsluft erhält. Diese streicht durch den Verbrennungsrost, welcher mit einem Winkeleisenring lose auf dem Eimer aufliegt. Die obere Mündung des Erdtrichters erhält zum Schutz gegen Regen und zur geregelten Verbrennung der Abfälle einen schmiedeeisernen Trichter T, dessen unterer Rand in den Erdwall W eingebettet ist. Der Trichter besitzt seitlich eine Feuertür FT zum Schüren des Feuers und oben ein über den Trichterstutzen geschobenes Rauchrohr RR. Die ganze Ausrüstung an Eisensenteilen wiegt zusammen etwa 100 kg.

Abbildung 196.



Feldverbrennungsofen nach Kori.

Lion empfiehlt derartige leicht zu errichtende Verbrennungsöfen, welche 500 l fassen, an allen 4 Ecken des Lagers zu errichten, um sie nach der jedesmaligen Windrichtung getrennt benützen zu können. Die entstehende Asche wird durch Herausnehmen des Eimers E entfernt.

10. Kapitel.

Die Leichenbestattung.

Von den einschlägigen auf die Bestattung der Leichen bezüglichen Hinweisen in den militärischen Vorschriften sei kurz folgendes vorausgeschickt:

Im Felde erfordert nach sicherer Feststellung des Todes, möglichst durch einen Arzt — Kennzeichen des Todes Ziffer 150ff. Kt.O. — die Sorge für die Lebenden schnelles und unschädliches Beerdigen der Toten (Ziffer 442 K.S.O.). Gräber müssen so angeordnet werden, daß eine Verschlechterung des Wassers und der Luft in Wohnhäusern etc. ausgeschlossen ist. Sie dürfen, besonders Massengräber, nicht innerhalb von Ortschaften, dicht an Landstraßen, auf tiefliegenden Wiesen, in unmittelbarer Nähe von Quellen und Wasserläufen oder in engen Schluchten angelegt werden. Die Sohle des Grabes soll über dem Grundwasserspiegel liegen (Ziffer 444 K.S.O.).

Die Tiefe der Grube soll ungefähr 2 m betragen. Es sollen höchstens sechs Leichen nebeneinander in eine Grube gebettet werden (Massengrab), wobei darauf zu achten ist, daß die Massengräber nicht zu eng aneinander liegen dürfen (Ziffer 153 Kt.O.)

Die ordnungsmäßige Ausführung der Beerdigung ist durch ein besonderes Kommando unter einem älteren Offizier, dem ein Sanitätsoffizier beigegeben ist, zu prüfen (Ziffer 445 K.S.O.).

Ziff. 446 u. 447 K.S.O. weisen auf die Bepflanzung und Neuaufschüttung sowie bei von Grabstätten ausgehenden gesundheitlichen Störungen auf die nach Angabe der Sanitätsoffiziere zu erfolgenden Abhilfemaßnahmen (Herausnehmen der Leichen, Tieferlegen der Gräber, Aufschütten, Desinfektion etc.) hin. Ist Abhilfe nicht anders zu schaffen, so ist in solchen Fällen auch die Verbrennung der Leichen gestattet.

Bezüglich des Begräbniswesens (Transport und Beerdigung von Leichen und Anlage von Begräbnisplätzen) gelten im Frieden für die militärischen Verhältnisse die nämlichen Bestimmungen wie für die Zivilbehörden. Betreffs der Begräbnisplätze sei besonders auf den Runderlaß des Ministers der Medizinalangelegenheiten vom 20. 1. 1892 hingewiesen, der in dieser Beziehung ausgezeichnete Richtpunkte gibt. Für die Beerdigung gilt noch heute die Min.-Verf. v. 15. 6. 1822, wonach diese nur auf das Zeugnis eines approbierten Arztes über den wirklich erfolgten Tod oder mit der Beschränkung zu genehmigen ist, daß sie erst nach Ablauf von 72 Stunden nach dem von Zeugen bekundeten Tod erfolgen kann. Auf die Ausstellung von Leichen an ansteckenden Krankheiten Gestorbener beziehen sich die §§ 21 bzw. 8 des Reichsseuchen- bzw. des Preuß. Seuchengesetzes. Die Beförderung von Leichen auf Eisenbahnen wird durch den Min.-Erlaß vom 6. 4. 88 geregelt. Jede zu transportierende Leiche bedarf eines Leichenpasses, der vom Landrat des Sterbeortes, in den Städten von der Polizeiverwaltung ausgestellt wird. Die zur Erlangung des Leichenpasses erforderliche Bescheinigung über die Todesursache stellt der Kreisarzt aus. Bei Leichen von Militärpersonen, welche ihr Standquartier nach eingetretener Mobilmachung verlassen hatten oder welche sich auf einem in Dienst gestellten Schiff oder anderen Fahrzeug der Marine befanden, wird diese Bescheinigung von der zuständigen Militärbehörde oder Dienststelle ausgestellt. Hinsichtlich der in Militärlazaretten verstorbenen Personen wurde durch Min.-Erlaß vom 11. 10. 1889 die Befugnis zum Ausstellen von Leichenpässen auf die Chefärzte ausgedehnt. Der Boden des Sarges muß mit einer mindestens 5 cm hohen Schicht von Sägemehl, Holzkohlenpulver, Torfmull oder dergl. bedeckt sein; diese Schicht muß mit 5 proz. Karbolsäure reichlich besprengt sein. Ist der Tod an Pocken, Scharlach, Flecktyphus, Diphtherie, Cholera, Gelbfieber oder Pest erfolgt, so darf der Transport auf der Eisenbahn erst zugelassen werden, wenn mindestens 1 Jahr nach dem Tode verstrichen ist. Nach § 42 des Betriebsreglements für die Eisenbahnen Deutschlands (15. 11. 92) und Min.-Erlaß vom 23. 9. 97 müssen die auf Eisenbahnen zu transportierenden Leichen in einem Holzsarge, der einen luftdichten allseitig geschlossenen Zinkeinsatz enthält, transportiert werden. Auf Aschentransporte von in Krematorien verbrannten Leichen finden die Bestimmungen über Leichentransporte etc. keine Anwendung (Min.-Erlaß vom 14. 2. 00).

Leichentransporte aus Orten, in denen ansteckende Krankheiten epidemisch herrschen, sind während der Dauer der Epidemie nicht zu gestatten.

1. Die Behandlung der Leichen vor der Bestattung.

Da von der Leiche eines an einer übertragbaren Krankheit Gestorbenen gewisse Infektionsgefahren für die Umgebung ausgehen

können, so ist die möglichst schnelle Entfernung der Leiche aus dem Hause, und die baldige Desinfektion der infizierten Räume erforderlich.

Leichen an übertragbaren Krankheiten gestorbener Militärpersonen und Leichen mit starkem Verwesungsgeruch werden in den Lazaretten alsbald nach festgestelltem Tode in die Leichenkammer gebracht und desinfiziert. Cholera-, Pocken- und Flecktyphusleichen sind tunlichst bald zu beerdigen. Die religiösen Zeremonien werden in solchem Fall erst vorgenommen, wenn der Sarg vollständig mit Erde beschüttet ist (§ 157 F.S.O.). Leichen von im Felde an infektiösen Krankheiten Verstorbenen werden alsbald nach dem Tode in mit desinfizierenden Flüssigkeiten getränkte feuchte Tücher vollständig eingehüllt (Ziffer 505 K.S.O.).

Um die Unterbringung der Leichen außerhalb des Sterbehauses bewerkstelligen zu können, empfiehlt sich die Einrichtung von Leichenhallen auf den Friedhöfen. Infektiöse Leichen sollten in diesen Hallen bis zur Beisetzung grundsätzlich untergebracht werden müssen, aber auch für nichtinfektiöse ist dieses Verfahren wünschenswert, besonders für die in beschränkten Räumen wohnende ärmere Bevölkerung. Leider sind diese Verhältnisse, ebenso wie der Bau von Leichenhallen, auch in Deutschland noch nicht überall einheitlich polizeilich geregelt. Aus den genannten Gründen ist auch in den kleineren Gemeinden die Erbauung von Leichenhallen erstrebenswert. Jedenfalls sollte, wenn solche nicht vorhanden sind, die Abhaltung von Trauerversammlungen im Hause an Infektionskrankheiten Verstorbener nicht gestattet sein.

Kleinere Leichenhäuser bestehen zuweilen nur aus einem Versammlungsraum und der Totenkammer, wodurch dem Zweck der Anlage schon vollkommen genügt wird. Größere Leichenhallen enthalten außer dem Leichenkeller oder der -Kammer mit mehreren Zellen oft noch neben einem Versammlungssaal und Leichensaal Zimmer für die Geistlichen und Leichenträger sowie einen Sezierraum.

Die Leichenräume müssen kühl und gut lüftbar sein, Fußboden und Wände (Oelfarbenanstrich, desinfizierender Wandanstrich) müssen leicht zu reinigen sein. Gegen das Eindringen von Insekten (Fliegen) sind Schutzmaßregeln erforderlich. (Gazefenster.)

Vor der Freigabe der Leiche zur endgültigen Beisetzung ist die Leichenschau wünschenswert, deren obligatorische Einführung durch approbierte Aerzte wegen der damit verbundenen Kosten und des Aerztemangels in ländlichen Bezirken bedauerlicherweise noch nicht Gesetz geworden ist.

Bei zur kostenfreien Lazarettaufnahme berechtigten Militärpersonen, welche inner- oder außerhalb des Lazaretts in den Garnisonorten sterben, ist nach §§ 32 u. 134 F.S.O. die sachgemäße Leichenschau unbedingt durchgeführt. Eine Ausnahme hiervon kann nur eintreten, wenn eine Militärperson auf Einzelmarsch, Kommando, Urlaub usw. an einem Orte ohne Militärlazarett oder Truppenteil stirbt. In diesem Fall liegt die Beerdigung entweder der Ortsbehörde oder den Angehörigen des Verstorbenen ob (§ 32, 2 F.S.O.). Im Felde regelt Ziffer 442 K.S.O. die Mitwirkung des Sanitätsoffiziers bei der Feststellung des Todes.

Der Zweck der Leichenschau ist außer der Feststellung des Todes und der Todesursache auch die Entdeckung von ev. Verbrechen.

Aus diesem Grunde ordnen § 32, 1 u. § 134, 2 F.S.O. an, daß außerhalb des Lazaretts bei Selbstmord oder Tod durch Verunglückung usw. und bei Militärpersonen, welche im Lazarett nicht durch Krankheit und unter den Augen des Pflegepersonals, sondern durch Gewalt, Zufall usw. sterben, sich das weitere Verfahren nach den Bestimmungen des Militärstrafgesetzbuches zu richten hat.

Ein weiterer wichtiger allgemeiner Zweck der Leichenschau ist in ihrer behördlichen Dienstbarmachung für die Zwecke der Seuchenbekämpfung und Mortalitätsstatistik zu sehen.

Nach § 10 des Reichsgesetzes betreffend die Bekämpfung gemeingefährlicher Krankheiten vom 30. 6. 1900 kann in Orten, in welchen ein allgemeiner Leichenschauzwang nicht besteht, und welche von einer solchen Krankheit bedroht oder befallen sind, die amtliche obligatorische Leichenschau bis zum Erlöschen der Gefahr eingeführt werden. Dasselbe gilt nach dem preußischen Gesetz betr. die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten vom 28. 8. 05 für Ortschaften, die von Milzbrand, Rotz, Ruhr oder Typhus befallen sind.

2. Die Beerdigung.

a) Die Zersetzung der Leichen in der Erde und ihre Folgen in hygienisch-sanitärer Beziehung.

In der Erde werden die Leichen unter Mitwirkung von pflanzlichen (Bakterien) und tierischen Organismen bis auf das Skelett zerstört. Schon kurz vor oder sehr bald nach dem Tode dringen anaërobe oder fakultativ aërobe Bakterien (Proteusarten, Bact. coli u. a.) aus dem Darm in die Organe ein und leiten die unter normalen Verhältnissen etwa 3 Monate dauernde stinkende Fäulnis unter Sauerstoffabschluß — Mangel an freiem O in der Leiche — ein. In einem späteren Stadium der Zersetzung treten niedrige tierische Lebewesen (Fliegenlarven, Nematoden) in Tätigkeit, und schließlich sind bei der Verwesung der schon trocken gewordenen Leichenbestandteile anscheinend auch Schimmelpilze beteiligt. Bereits im Beginn der Zersetzung kommt es zu starker Gasentwickelung, und zwar werden zunächst unter Sauerstoffabschluß bei der Fäulnis Kohlensäure, Wasserstoff, Schwefelwasserstoff und Methan (Grubengas) sowie Eiweißfäulnisprodukte wie Leucin, Tyrosin, Indol etc. gebildet. Später setzen unter Sauerstoffzutritt nach Sprengung und Verlust die Haut der Leiche und Auftreten aërober Bakterien Verwesungsprozesse mit Bildung von Kohlensäure, Salpetersäure und Wasser ein. Es finden also, was die chemischen Vorgänge betrifft, zunächst Reduktions- später Oxydationsprozesse statt.

Aus der Natur der sich unter Bakterienmitwirkung abspielenden Prozesse ergibt sich, daß die Zersetzungsvorgänge bei höherer Temperatur schneller vor sich gehen werden als in der Kälte. Ein wichtiger Faktor für den normalen Fortgang der Zersetzung d. h. den Uebergang der Reduktionsprozesse (Fäulnis) in die Phase der Oxydationsvorgänge (Verwesung) ist die ausreichende Durchlüftung des Erdbodens. Geringe Feuchtigkeit begünstigt die Zersetzungsvorgänge, während ein zu hoher Feuchtigkeitsgrad des Erdbodens diese bis zu einem gewissen Grade verhindert bezw. verzögert.

Die Dauer des Zersetzungsvorganges ist von der Bodenbeschaffenheit und der Größe der Leiche abhängig. Kinderleichen werden in gut durchlässigem sandigen Boden bereits nach etwa 3—4, diejenigen Erwachsener nach 7, im Lehmboden nach 9 Jahren bis auf das Knochenskelett zerstört. Andrerseits können in ungünstigem Boden bis zur Zersetzung der Leichen bis zu 30 und mehr Jahren vergehen. Nach diesen Verhältnissen, welche am besten in jedem Fall durch Ausgrabungen festgestellt werden, richten sich die behördlich angenommenen Verwesungsfristen und der hierauf beruhende Wiederbelegungsturnus der Friedhöfe.

Anormale Verhältnisse bei der Leichenzersetzung im Erdboden können eintreten durch Mumifikation bei zu großer Luftdurchlässigkeit und Trockenheit des Bodens: ferner durch Leichenwachsbildung in fließendem Wasser oder unter Luftabschluß in undurchlässigem feuchten Boden. Der letztere Vorgang beruht anscheinend auf der Umwandlung von Fett und Muskulatur in Seifen, freie Fettsäuren und Ammoniakverbindungen.

Zu der Frage, ob durch die in der Erde bestatteten Leichen gesundheitliche Schädigungen oder durch Gerüche bedingte Belästigungen hervorgerufen werden können, ist daran zu erinnern, daß etwaige Infektionen in diesem Fall entweder durch den Boden selbst, durch die Luft oder schließlich durch das Grundwasser vermittelt werden können.

Bezüglich des Verhaltens pathogener Bakterien in der Leiche ist durch zahlreiche Untersuchungen (Löseners) festgestellt, daß Typhusbazillen in beerdigten Kadavern in 3 Wochen gewöhnlich zu Grunde gingen. Choleravibrionen waren ebenfalls schon nach wenigen Wochen innerhalb der Leichen nicht mehr nachweisbar, Tuberkelbazillen hielten sich in den Kadavern bis zu längstens 4 Monaten lebensfähig. Bei den genannten Bakterien gelang niemals der Nachweis außerhalb der Kadaver im Boden, am Sarg oder im Grundwasser. Milzbrandbazillen hielten sich in den Kadavern während der bis zu einem Jahr aus-

gedehnten Beobachtungszeit entwickelungs- und ansteckungsfähig. Ihre Sporen waren in der Sohle der Grube, wohin sie augenscheinlich von dem Grundwasser gespült worden, nachweisbar. Eine ausgedehnte Infektion des Erdreiches hatte jedoch nicht stattgefunden, da die Filtrationswirkung des Bodens die Sporen weiterhin zurückgehalten hatte.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, daß Infektionen vom Boden aus zwar gelegentlich, aber nur bei kurze Zeit nach der Beerdigung wieder ausgegrabenen infizierten Leichen und bei besonderen Verhältnissen z. B. Milzband, Tetanus usw. ev. für längere Zeit stattfinden können. Aus diesem Grunde empfiehlt Ziff. 447 K. S. O., statt des Herausnehmens der Leichen zum Tieferlegen der Gräber die Aufschüttung der letzteren vorzunehmen. Ein Heraufdringen von Infektionserregern aus der Leiche an die Oberfläche des Bodens ist jedenfalls nach den angeführten Untersuchungen als ausgeschlossen zu betrachten.

Aus demselben Grunde ist eine Infektion der Kirchhofsluft nicht zu befürchten. Geruchsbelästigungen durch Zersetzungsgase finden ebenfalls bei Einzelgräbern in nicht zu großporigem Boden nicht statt, weil die Gase durch die den Sarg deckende Erdschicht absorbiert werden. Anders bei Massengräbern sowie bei Neubelegung von Friedhöfen vor Ablauf der Verwesungszeiten. In solchen Fällen können erhebliche Geruchsbelästigungen entstehen. Bei Massengräbern wird eintretenden Falls die Aufschüttung und das Bepflanzen der Grabhügel erforderlich.

Gesundheitsschädigungen bezw. Unglücksfälle durch Zersetzungsgase (H_2S u. CO_2) werden zuweilen beobachtet beim Betreten lange verschlossen gewesener, nicht gelüfteter Grüfte.

Infektionen des Grundwassers auf Friedhöfen sind im allgemeinen so gut wie ausgeschlossen wegen der bekannten Filtrationswirkung des Erdbodens. In der Tat haben verschiedentliche Untersuchungen niemals das Eindringen von pathogenen Bakterien in das Erdreich und Grundwasser in der Umgebung der Gräber ergeben. Eine Ausnahme von dieser Regel könnte höchstens eintreten, wenn bei Lage eines Friedhofes im Ueberschwemmungsgebiet bei Hochwasser eine plötzliche massenhafte Einschwemmung von etwa vorhandenen Krankheitserregern in das Grundwasser stattfindet. Aber auch in solchem Fall würden nur sehr flache oder schadhafte Kesselbrunnen in unmittelbarer Nähe der Einschwemmungsstellen einer Infektionsgefahr ausgesetzt sein, da auch hier die Bodenfiltration eine Verschleppung der Bakterien auf größere Strecken ausschließt. Aus solchen Erwägungen heraus sollten auf Friedhöfen und in ihrer unmittel-

baren Umgebung grundsätzlich nur die einwandfreies Wasser liefernden Rohrbrunnen gesetzt werden. Bezüglich der hygienischen Bewertung des auf Friedhöfen gewonnenen Grundwassers darf jedenfalls im allgemeinen die Tatsache als feststehend betrachtet werden, daß dieses seiner bakteriologischen und chemischen Beschaffenheit nach durchaus nicht schlechter ist als das aus der Umgebung des betr. Friedhofes gewonnene.

Nach dem Gesagten sind demnach gesundheitliche Schädigungen und Belästigungen durch die Friedhöfe im allgemeinen nicht zu befürchten.

b) Die Anlage der Begräbnisplätze.

Die Unschädlichkeit eines Begräbnisplatzes wird hauptsächlich durch diejenigen Eigenschaften des Bodens gewährleistet, welche die trockene Verwesung begünstigen: Trockenheit und eine gewisse Luftdurchlässigkeit sowie genügende Filtrationskraft bis zu und etwa 0,5 m unterhalb der Schicht, in welcher die Särge stehen. Sind diese Bedingungen erfüllt, so wird die Friedhofsanlage auch in der Nähe geschlossener Ortschaften und menschlicher Wohnungen hygienische Bedenken nicht erregen. Als Mindestentfernung von geschlossenen Ortschaften sieht der Ministerialerlaß vom 20. 1. 1892 für Preußen 35 m vor.

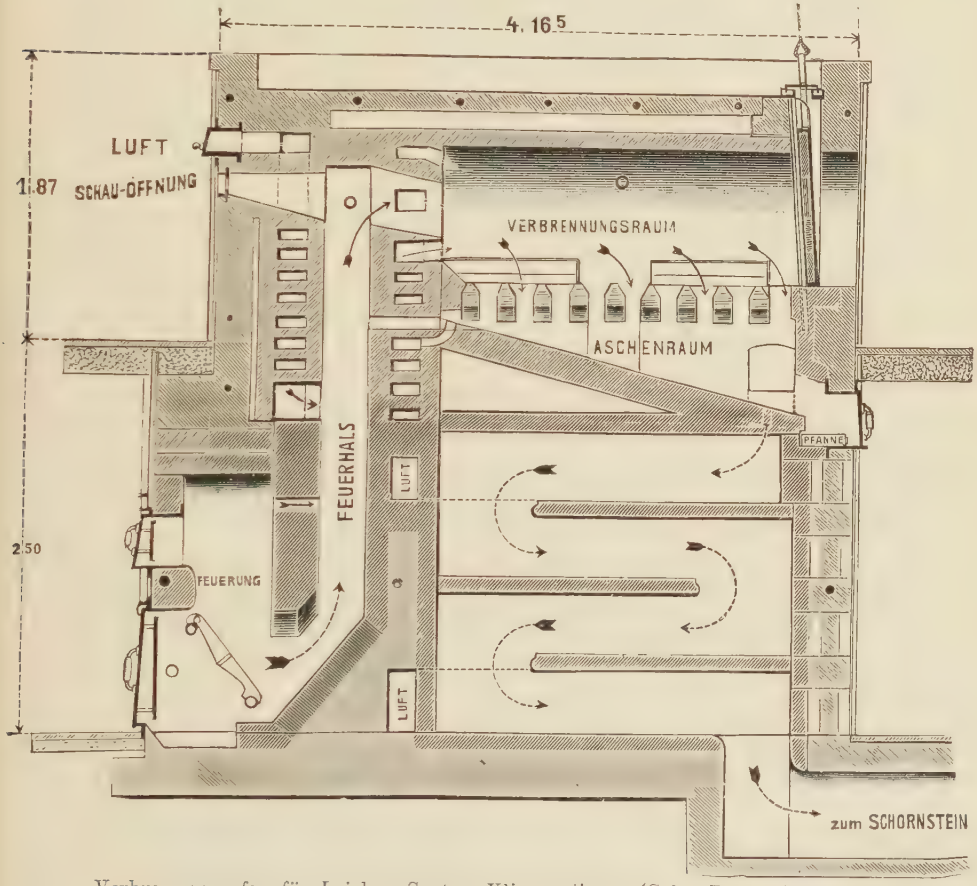
Die Größe der Begräbnisplätze wird bestimmt durch die Verwesungsfrist (Belegungsturnus) und die Anzahl der jährlich zu erwartenden Sterbefälle. Im allgemeinen rechnet man für die Fläche eines Grabes 4,5 qm, wobei auf seine Länge 2 m, die Breite 1 m einschließlich der Wege, und die Entfernung vom Nachbargrab 0,6 m angesetzt sind.

Für Militärbegräbnisplätze wird ein 30jähriges Ruherecht sowie für jede Grabstelle eine Grundfläche von 5—6 qm einschließlich der Wege angenommen (§ 84, 3 G.G.). Für die Anlage der Militärbegräbnisplätze sind die landespolizeilichen Vorschriften maßgebend. Die Tiefe des Grabes soll derart bemessen sein, daß die Erdschicht von dem Sargdeckel bis zur Erdoberfläche ohne Einrechnung des Grabhügels mindestens eine Höhe von 0,9 m besitzt. Die Tiefe des Grabes im Felde beträgt nach Ziff. 153 Kt.O. etwa 2 m. Die Sohle des Grabes soll über dem höchsten Grundwasserstand liegen. Gegebenenfalls muß durch Drainage des Terrains für die Tieferlegung des letzteren gesorgt werden. Massengräber sind in Friedensverhältnissen nicht gestattet. Grüfte müssen, falls sie überhaupt angelegt werden, zum mindesten gut lüftbar sein.

3. Die Feuerbestattung.

Für die Feuerbestattung der Leichen wird bekanntlich in den letzten Jahren eine recht erhebliche Propaganda entwickelt. Von hygienischen Gesichtspunkten aus lassen sich nach dem oben Gesagten ernsthafte Bedenken gegen die Beerdigung der Leichen nicht

Abbildung 197.



Verbrennungsofen für Leichen System Klingenstierna (Gebr. Beck-Offenbach.)

geltend machen. Im allgemeinen können daher für die Verbrennung nur wirtschaftliche und in erster Linie ästhetische Momente ins Feld geführt werden, wobei der Gedanke an den läuternden Reinigungsprozeß des Feuers gegenüber den mit stinkender Fäulnis verbundenen Zersetzungsvorgängen im Grabe wohl ausschlaggebend gewesen sein mag.

Die Leichenverbrennung findet in sog. Verbrennungsöfen statt (Abb. 197), von welchen verschiedene Konstruktionen bekannt sind. Solcher Leichenverbrennungsanlagen (Krematorien) ist in Deutschland bereits eine ganze Reihe vorhanden (Gotha, Hamburg u. a.). Das Prinzip dieser Oefen besteht darin, daß die Leiche in einem leichten Sarge aus Holz oder Zink in einen vorgeheizten feuerfesten, aus Schamottesteinen gebauten Verbrennungsraum gebracht wird. Nach dem festen Schließen dieses Raumes werden mit gut vorgewärmter Luft vermischte, hauptsächlich aus Kohlenoxyd bestehende Gase, welche durch eine Koksfeuerung erzeugt werden, bei einer Temperatur bis zu 1200° C. in ihn eingeleitet, in denen der Sarg in kurzer Zeit vollständig verbrennt. Die Leiche, welche zunächst oberflächlich austrocknet, wird durch vollständiges Ausglühen, dem die Bauchorgane am längsten widerstehen, in etwa 3 Stunden in eine verhältnismäßig geringe Menge (einige Kilo) weißgrauer Asche verwandelt. Diese wird in einer Urne beigesetzt.

Die Verbrennung der Leichen im Felde ist ebenfalls wiederholt Gegenstand der Diskussion gewesen. In erster Linie würde sie für die Beseitigung infektiöser Leichen in Frage kommen, und zwar besonders in belagerten Festungen, wo sich unter Umständen Verbrennungseinrichtungen schon während des Friedens treffen lassen. Nach Sforza[1]) wandte man dieses Verfahren schon frühzeitig an. So wurden nach der Einnahme von Tarragona (1811) 4000 Leichen verbrannt. Die Russen verbrannten 1812 die Leichen der auf dem Rückzug Napoleons gefallenen Franzosen, und im Jahre 1814 vernichteten die Deutschen nach der Schlacht bei Paris während 15 Stunden ebenfalls 4000 Leichen. Auch in Kolonialkriegen (Dahomey) wurde das Verfahren durchgeführt, ebenso neuerdings wieder von den Japanern im russisch-japanischen Kriege. Die Verbrennung der Leichen auf Scheiterhaufen gelingt nach Sforza am leichtesten, wenn diese bezw. die Särge mit Teer und Petroleum bestrichen sind.

Nach der deutschen Kriegssanitätsordnung ist, wie bereits erwähnt, die Leichenverbrennung nur gestattet, wenn sich von Massengräbern gesundheitsschädliche Einflüsse geltend machen, die auf andere Weise nicht zu beheben sind.

Da die Mitführung großer transportabler Verbrennungsöfen für Leichen in das Feld nicht angängig sein dürfte, so hat Fr. Siemens nach Knaak (29) für den Feldgebrauch die Erbauung von Oefen aus Feldsteinen an Ort und Stelle empfohlen.

1) Bericht über den XIV. Internationalen Kongreß für Hygiene und Demographie. Berlin 1907. Bd. 3. S. 579.

Der Boden des Ofens wird ausgegraben, und die ausgegrabene Erde zur Umschüttung der Mauern verwendet. Für die Feuerung, welche in dem unteren Teile des Ofens anzubringen ist, wird ein mitzuführender Rost aus Eisenstäben errichtet. Darüber werden Haufen von Feldsteinen lose aufgeschichtet, hierauf die Leichen gelegt, über welche wieder eine Lage Steine gedeckt wird. Der Raum vor der Feuerung wird ebenfalls mit Steinen ausgefüllt, durch deren Fortnahme die Feuerung beliebig reguliert werden soll. Durch das Feuer erfolgt zunächst eine Erhitzung der dem Rost aufliegenden Steine bis zur Rotglut. Die durch sie hindurchstreichende Luft wird stark erhitzt und trifft nun die Leichen bezw. Kadaver.

Ob diese Siemenschen Oefen tatsächlich sich in der Praxis bewährt haben, ob sie namentlich auch zur Verbrennung der Pferdekadaver ausreichend sind, ist, soweit bekannt, noch nicht festgestellt.

11. Kapitel.

Die Vernichtung der Kadaver.

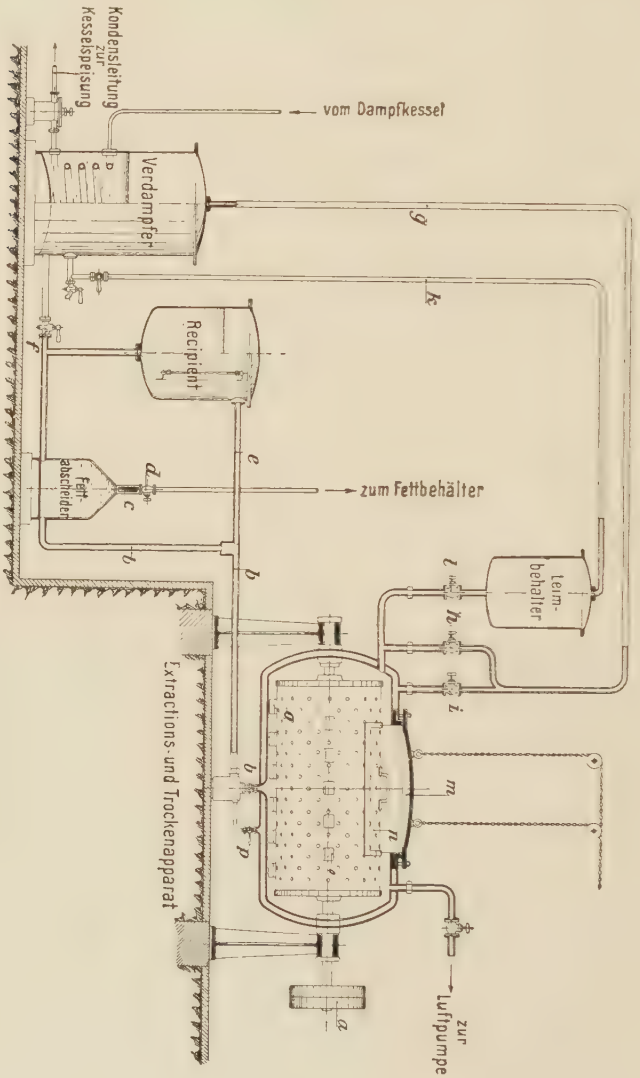
Gefallene Tiere werden möglichst bald den außerhalb der bewohnten Ortschaften liegenden Abdeckereien zugeführt. Der Transport hat in geschlossenen Wagen zu geschehen, welche für Flüssigkeiten möglichst undurchlässig sind.

Die Beseitigung der Kadaver wird je nach der Größe des Abdeckereibetriebes verschieden gehandhabt. Nach dem Viehseuchengesetz müssen die Kadaver von an Milzbrand, Rotz und Tollwut gefallenen oder wegen der genannten Seuchen getöteten Tieren unschädlich beseitigt werden. In kleineren Abdeckereien werden die nicht abgehäuteten Kadaver zu diesem Zweck vergraben, und zwar ist es hierfür vorgeschrieben, daß die Höhe der deckenden Erdschicht mindestens 1 m betragen muß. In analoger Weise sollen nach Ziff. 448 K. S. O. Tierleichen im Felde behandelt werden, wobei empfohlen wird, auf die Kadaver gründlich gebrannten Kalk zu streuen. Die nicht infektiösen Kadaver werden in kleinen Abdeckereibetrieben zur Verwertung der Bestandteile zerlegt und in offenen Kesseln gekocht. Hierbei treten oft recht erhebliche Geruchsbelästigungen auch der weiteren Umgebung ein, und das ganze Verfahren ist unsauber und hygienisch nicht unbedenklich.

In größeren Anstalten werden die Kadaver, und zwar die infektiösen nicht enthäutet, in besonderen Apparaten, Digestoren (Podewils, R. A. Hartmann) (Abb. 198) durch Hochdruckdampf zerstört.

Die Abbildung 198 gibt den Kadaververnichtungsapparat der Firma R. H. Hartmann-Berlin wieder. Das Arbeitsverfahren geschieht in einem großen doppelwandigen Zylinder mit innerer Siebtrommel und großem abnehmbaren Deckel (Extraktions- und Trockenapparat). Nachdem die Trommel gefüllt ist, wird in diese Dampf von 4 Atmosphären Ueberdruck eingeleitet. Unter seiner Einwirkung wird das Fleisch nach 4—5 Stunden bis zum vollständigen Zerfall zerkocht, während gleichzeitig Leim und Fett austreten. Diese werden in Nebengefäße abgeleitet (Fettabscheider und Leimbehälter). In dem Fettabscheider scheidet sich das Fett

infolge seines geringeren spezifischen Gewichts oben ab und wird durch den in dem Apparate herrschenden Druck mittels besonderen Ablaßhahnes zu den Fettsammelgefäßen abgeleitet. Die entfettete Leimbrühe gelangt von dem Fettabscheider in den Rezipienten, von wo aus sie von Zeit zu Zeit in den Verdampfer abgelassen wird. Hier findet durch Verdampfung des Wassers mittelst Rohrschlange eine



Kadaververnichtungsapparat der Firma R. A. Hartmann-Berlin.

Abbildung 198.

Eindickung der Brühe (Schlichteleim) statt. Diese wird nach dem Leimbehälter gedrückt und kann von hier aus nochmals dem Extraktionsapparat bei der nächsten Füllung zugesetzt werden.

Die nach Beendigung der Kochung in der Trommel zurückbleibende feuchte Fleisch- und Knochenmasse wird nunmehr durch Einleitung von Dampf in den Außenmantel und Rotation des Siebes unter gleichzeitiger Absaugung der Gase und des Wasserdampfes aus dem Innern der Trommel durch Luftpumpe zu einem voll-

kommen trockenen Material, „Tierkörpermehl“, welches nur noch die Fleisch- und Knochenreste enthält, verarbeitet.

Von den bei diesem Prozeß gewonnenen Produkten wird das Fett fast ausschließlich zur Seifenfabrikation, der Schlichteleim für Bauzwecke benützt. Die Häute werden nach 4wöchiger Salzung und Lagerung an Gerbereien abgegeben, und der trockene braune Restbestandteil, das „Tierkörpermehl“, als Futter für Geflügel, Schweine und Fische verwandt.

Die im städtischen Untersuchungsamt Berlin vorgenommene Analyse des in der Berliner Kadaververnichtungsanstalt zu Rüdnitz i. M. gewonnenen Mehles ergab nach Goltz (30):

Wasser bei 100° C	2,87 pCt.
Trockensubstanz	97,13 „

Die Trockensubstanz enthielt:

Mineralbestandteile	18,20 pCt.
Phosphorsäure (P_2O_5) . . .	7,11 „
Stickstoff	9,24 „
Rohprotein	57,75 „
Fett	16,82 „

Die Leistungsfähigkeit einer solchen Anlage geht daraus hervor, daß von der Berliner Anstalt vom 1. Juni bis 31. Dezember 1908 nach Goltz nicht weniger als zusammen 1 738 751 kg an Kadavern und Konfiskaten verarbeitet wurden. Hieraus wurde an fertigen Produkten gewonnen: 110 189 kg Fett = 6,33 pCt., 157 500 kg Tierkörpermehl = 9,06 pCt. und 111 300 kg Leimgallerte = 6,40 pCt.

Das Verfahren ist hygienisch einwandfrei, hat sich bisher aber wegen der hohen Betriebs- und Anlagekosten solcher Anlagen noch als wenig rentabel erwiesen. Auch im Felde kann die Verbrennung der bei der Truppe gefallenen Tiere unter Umständen in Frage kommen. Für diese würden dieselben Gesichtspunkte geltend sein wie für die Verbrennung der menschlichen Leichen.

Literatur.

1. L. Bote, Die städtische Verbrennungsanstalt zur Beseitigung des Hausmülls in Kiel. Kiel 1907.
2. v. Esmarch, Hygienisches Taschenbuch. Berlin 1908.
3. Rubner, M., Zeitschr. f. Biologie. 15. 1879.
4. Neumann, R. O., Arch. f. Hyg. 58. 1906.
5. Rubner, M., Lehrbuch der Hygiene. Leipzig-Wien 1907.
6. Flügge, Grundriß der Hygiene. Leipzig 1908.
7. Thiesing, Zur Frage der Müllbeseitigung mit spezieller Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Verwertung. Mitteil. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung. H. 1. 1902. Ferner Gesundh.-Ingenieur. 1905. Nr. 4 und 1906. Nr. 1 u. 2, und Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. 38. 1906.
8. Th. Weyl, Handbuch der Hygiene. Jena 1897.
9. Röhrecke, Müllabfuhr und Müllbeseitigung. Berlin 1901.
10. Dunbar, Leitfaden f. d. Abwasserreinigungsfrage. München-Berlin 1907.

11. Prausnitz, Grundzüge der Hygiene. München 1905.
12. Gutachten des Reichsgesundheitsrates über die Einleitung von Abwässern in öffentliche Flußläufe. Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. 1903. 1904. 1905. 1907.
13. Imhoff, Die biologische Abwasserreinigung in Deutschland. Mitteil. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt usw. H. 7. 1906.
14. Steuernagel, Die Probekläranlage zu Cöln-Niel usw. Ebenda. H. 4. 1904.
15. Degener, Ueber Nutzbarmachung und Beseitigung städtischer Abwässer. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. San.-Wesen. 3. Folge. Bd. 15. 1898.
16. Zahn u. Reichle, Untersuchungen über die Wirkungsweise des Kremerschen Apparates. Mitteil. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt usw. H. 10. 1908.
17. Scheven, Die Abwasserreinigungsanlage f. d. Königl. Kadettenhaus Bensberg. Gesundh.-Ingenieur. 1910. Nr. 4.
18. Gärtner, Leitfaden der Hygiene. Berlin 1909.
19. Kleinschroth, Abfallstoffe, in Prausnitz, Atlas und Lehrbuch der Hygiene. München 1909.
20. Thummm, Beitrag zur Kenntnis des sog. biologischen Verfahrens usw. Mitteil. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt usw. H. 1. 1902.
21. Schiele, Die Abwasserbeseitigung in Gewerben und gewerbereichen Städten. Mitteil. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt usw. H. 11. 1909.
22. Bredtschneider, Gesundh.-Ingenieur. 1905. 1906.
23. Reichle und Thiesing, Versuche mit dem Schlammschleuderapparat Schäferter Meer usw. Mitteil. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt usw. H. 10. 1908.
24. Schumacher, Die Desinfektion von Krankenhausgruben mit besonderer Berücksichtigung des Chlorkalks und ihre Kontrolle. Gesundh.-Ingenieur. 1905.
25. Schwarz, Ueber die Desinfektion von Abwässern, unter Berücksichtigung der nachherigen biologischen Reinigung. Ebenda. 1906.
26. Dunbar und Thumm, Beitrag zum derzeitigen Stande der Abwasserreinigungsfrage. München 1902.
27. Spitta und Weldert, Indikatoren für die Beurteilung biologisch gereinigter Abwässer. Mitteil. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt usw. H. 6. 1906.
28. Seligmann, Die Prüfung gereinigter Abwässer auf ihre Zersetzungsfähigkeit. Zeitschr. f. Hyg. 56. 1907.
29. Knaak, Die Krankheiten im Kriege. Leipzig 1900.
30. Goltz, Die Fleischverwertungs- und Vernichtungsanstalt der Stadt Berlin in Rüdnitz usw. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. 41. 1909.
31. Lion, Die Beseitigung der Abfallstoffe aus militärischen Lagern. Deutsche militärärztl. Zeitschr. H. 20. 1909.
32. Dieudonné, Die Beseitigung der Abfallstoffe in militärischen Lagern und im Felde. Ber. üb. d. XIV. Internat. Kongr. f. Hyg. u. Demographie. Bd. III. 1907.
33. Lübbert, Biologische Abwasserreinigung. Zeitschr. f. Hyg. Bd. 59. 1908.
34. Ohlmüller u. Spitta, Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. Berlin 1910.
35. K. Kutscher, Die von städtischen Abwässern zu besorgenden Infektionsgefahren und die Maßregeln zu ihrer Bekämpfung. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. und öffentl. San.-Wesen. Bd. 39. 1910.
36. Salomon, Die städtische Abwasserbeseitigung in Deutschland. Jena 1907.
37. Metzger, Die Müllbeseitigung und -Verwertung. Atlas Prausnitz.
38. Fürst, Die Leicheneinäscherung vom sozialhygienischen Standpunkte. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundh.-Pflege. 1907.
39. Rühs, Einrichtung von Krematorien. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. San.-Wesen. 1907.
40. Lübbert, Die Abwasserreinigung im Kleinbetrieb. Gesundh.-Ing. 1909.
41. Hönig, Ueber die Gewinnung und Verwertung von städtischem Klärschlamm. Gesundh.-Ing. 1910.
42. Schury u. Bujard, Der Torfbreiversuch der Stadt Stuttgart in der Kohlebreianlage zu Tegel bei Berlin. Mitt. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt usw. H. 8. 1907.
43. Reichle u. Dost, Ueber Schlammverwertung durch Vergasung, insbesondere beim Rothe-Degenerschen Kohlebreiverfahren. Ebenda.

44. Spillner, Zur Frage der Schlammverzehrung in der Faulkammer. Gesundh.-Ingen. 1909.
45. Grimm, Klärschlammgewinnung unter Wasser. Gesundh.-Ingen. 1909.
46. Lösener, Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt. Bd. 11. 1895.
47. Henneking, Die Abwässerreinigung mittelst intermittierender Bodenfiltration in Nordamerika. Mitt. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt usw. H. 12. 1909.
48. St. Crimp, Sewage Disposal Works. London 1894.
49. Rideal, Sewage and the Bacterial Purifikation of Sewage. London 1906.
50. Reports of the Rivers Pollution Commission. London.
51. Proskauer u. Elsner, Ueber die hygienische Untersuchung des Kohlebreiverfahrens zur Reinigung von Abwässern auf der Kläranlage in Potsdam. Vierteljahrsschr. f. ger. Med. Suppl. 1898.
52. Proskauer u. Nocht, Ueber die chemische und bakteriologische Untersuchung der Kläranlage in Potsdam. Zeitschr. f. Hyg. Bd. 10. 1891.
53. Proskauer u. Croner, Die Kläranlage für die Kolonie und Arbeitsstätten der Berliner Maschinen-Bau-Aktiengesellschaft, vormals L. Schwartzkopf, in Wildau b. Berlin. Festschrift zum 60. Geburtstag von R. Koch. Jena 1903.
54. Bericht über den XIV. Internat. Kongr. f. Hyg. u. Demographie, Berlin 1907. Sect. VIA u. VII.

Sachregister.

Abdampfheizung 148.
Abdampfrückstand des Wassers 211.
Abdeckereien 439.
Abels Petroleumprüfer 89.
Abessinierbrunnen 260, 306.
Abfallstoffe, Bakteriengehalt 330.
— hygienische Bedeutung 329.
— Beseitigung 323.
— Dungwert 329.
— Menge 323, 328.
— Zusammensetzung 323.
— in militärischen Lagern 424.
Abkochen des Wassers 255, 310.
Absenken von Schachtbrunnen 266.
Absitzbecken 384.
— Konstruktion 386.
— Reinigung 386.
Abwässer, Bakteriengehalt 373.
— Charakter 371.
— Desinfektion 420.
— Fäulnisfähigkeit 421, 422.
— Fettgehalt 389.
— gewerbliche 328.
— industrielle 415.
— chemische Zusammensetzung 371, 372.
Abwasserbeseitigung, endgültige 370.
— durch Einleitung in Flußläufe 373, 377.
— Kosten 422.
Abwasserreinigung 378.
— biologische 396.
— chemische 395.
— elektrische 394.
— mechanische 379.
Abwasserpilze 237, 376.
Acetylen, Beleuchtung durch 97.
— Wärmeerzeugung durch 72.
Acetylengasanlage 101.
Actinophrys sol im Wasser 236.
Akkumulator 108.
Alaun zur Wasserverbesserung 248, 307.
Algen im Wasser 234.
Alluviale Bodenschichten 2, 4.
Ammoniak im Wasser 224.
— Nachweis 210.
Amoeben im Wasser 235.
Anchylostomiasis, Uebertragung durch Wasser 236.
Anguillula im Wasser 236.
Anthrazitkohlen 126, 127.
Anthropotoxin 164.
Arbeitsschächte bei Brunnen 262, 269.
Armeefilter 307.
Arsen im Wasser 226.
Arthropoden im Wasser 236.
Asbestfilter 254.
Aschenklosetts 349.
Aschkästen 333.
Asphalt 29.
Auerlicht s. Gasglühlicht.
Aufsaugungsvermögen des Bodens, kapillares 9.
Außenwände 32.
— Bestrahlung durch die Sonne 24.
Austrocknungszone des Grundwassers 14, 15.

Bact. coli im Wasser 229.
— Nachweis 218.
Badeanstalten, Wasserbedarf 204, 205.
Bandwürmer, Uebertragung durch Wasser 201, 236.
Bärtierchen im Wasser 236.
Basalt 11.
Baugrund, Auswahl 1.
Bauhygiene, allgemeine 1.
Bauordnung, geschlossene und offene 26.
Beerdigung 433.
Beggiatoa 235, 237, 376.
Begräbnisplätze 436.
Beleuchtung 70.
— elektrische 107.
— indirekte 115
— künstliche 85.
— natürliche 81.

Berkefeldfilter 254, 307.
Berliersches Verfahren 369.
Bestrahlung der Außenwände durch die Sonne 24.
Beton 33.
Betriebswasser 203, 300.
Beziehbarkeit der Wohnungen 59.
Biologische Abwässerreinigung 396.
— natürliche 397.
— künstliche 405.
Blei im Wasser 201.
— Nachweis 212, 213.
Bleirohre für Wasserleitungen 288.
Blitzableiter 58.
Boden, Schichtung 5
— Verunreinigung 4, 17.
— jungfräulicher 4.
— Temperatur 11.
— Luft im 11, 13.
— Entwässerung 16.
— Feuchtigkeit 17.
— aufgeschütteter 19, 20.
— Selbstreinigung 19.
— Untersuchung 21, 22.
— Ueberdüngung durch Abfallstoffe 330.
Bodenfilter, Bau 401.
— Betrieb 403.
Bodenfiltration, intermittierende 401.
Bodenthermometer 12.
Bogenlicht, elektrisches 112.
Bohrrohre der Brunnen 261.
Brandmauer 27, 36.
Brauchwässer, s. Hausgebrauchswasser.
Braunkohlen 126.
Braunkohlenzeit 2.
Braunkohlenablagerung 3.
Brechdurchfall infolge Wassergenuß 198.
Briketts 126, 127.
Brunnen, Anforderungen 259.
— Auswahl des Platzes 258.
— Besichtigung 242, 305.
— Enteisenungsvorrichtungen 265, 271.
— für Zentralversorgung 271.
— s. a. Rohrbrunnen u. Kesselbrunnen.
Brunnenkranz 266.
Brunnenrohre 261.
Brunnenstuben 272.
Bügelrohre in Rohrbrunnen 261.

Cadéofen 138, 139.
Carchesium im Wasser 236.
Cercomonas im Wasser 236.
Chemikalien, Wasserverbesserung durch 248, 307.
Chlor im Wasser 225.
— Bestimmung 210.
Chlorkalk zur Wasserverbesserung 249.
Cholera, Uebertragung durch Wasser 197.
Choleravibrionen, Nachweis im Wasser 217.
Ciliaten im Wasser 236.
Cladothrix im Wasser 235.
Colibakterien s. Bact. coli.
Colpidium im Wasser 236.
Columbussprenger 411.
Crenothrix im Wasser 235.
Cyclidium im Wasser 236.
Cyclops quadricornis im Wasser 236.

Dach 54.
Dachpappe 57.
Dampfheizung 146.
Dampfreduzierventil 149.
Dauerbrandöfen 134.
Deckenfächer 181.
Depressionszone bei Brunnen 272.
Desinfection der Abwässer 420.
— der Brunnen 227.
— der Wasserleitungen 290.
Diatomeen im Wasser 234.
Dielenfußböden 43.
Diluviale Bodenschichten 2, 3.
Dolomit 10.
Doppelfenster 50.
Doppelfiltration für Oberflächenwasser 278.
Drainage des Bodens 16.
Druckständer für Wasserleitungen 290.
Dücker 361.
Dünger, Beseitigung und Verwertung 353.
Düngerstätten 353.
Durchgangszone des Grundwassers 14, 15.
Durchsichtigkeit des Wassers 202, 220.
— Prüfung 206.

Eduardsfelder Verfahren 403.
Eijkmansche Probe 209.
Einfallswinkel der Lichtstrahlen 82.
Eingeweidewürmer, Uebertragung durch Wasser 201, 236.
Einsteigeschächte,
— bei Abwasserleitungen 360.
— bei Brunnen 262, 269.
— bei Brunnenstuben 273.
Einzelheizung 132, 133.
Eisen im Wasser 190, 225.
— Entfernung 242.
— Nachweis 212.
Eisenchlorid zur Wasserverbesserung 249.
Eiszeit 3.
Elektrische Beleuchtung 107.
Elektrische Glühlampe,
— Konstruktion 109.
— Lichtstärke 71.
— Wärmeproduktion 72.

Elektrische Heizung 140.
Emscherbrunnen 393.
Entwässerung des Bodens 16.
Erdklosetts 349.
Estrich 46.
Etagenheizung 147.
Euglena viridis im Wasser 236.
Exkremente, menschliche 324.
— tierische 325.
Explosionen durch Azetylengas 99.

Fackeln 87.
Fäkalien, Abfuhr 340.
— Beseitigung 338.
— Desinfektion 357.
— Geruchsbeseitigung 349.
— Verwertung 350.
Fallrohre 341.
— Ventilation 342.
Färbung des Wassers 202, 220.
— Prüfung 207.
Faßenteisener 245.
Faulbetrieb bei Beseitigung der Abfallstoffe 417.
Faulräume, Einrichtung 392.
Faulverfahren 390.
Feldlatrine 427.
Feldspat 10.
Feldverbrennungsofen 430.
Fels als Baugrund 1.
Fenster 49.
— Verhältnis zur Bodenfläche 81.
Fernheizungen 132, 148.
Fernthermometer 157.
Ferrochlorverfahren 249.
Fettfänge 389.
Feuchtigkeit der Fundamente 28.
— der Wohnungen 60.
Feuerbestattung 437.
Feuerklosetts 350.
Feuersicherheit der Türen 51.
— der Treppen 54.
Feuerungsregler 145, 156.
Fiddianverteiler 412.
Filarien, Uebertragung durch Wasser 201.
Filter, für Luftheizung 142.
— für Wasserversorgung 251.
Filteranlagen 275.
— Betriebskontrolle 296.
Firstventilation 174.
Fischteiche für Abwasserreinigung 404.
Flachbecken 384.
Flachbrunnen 258.
Flagellaten im Wasser 236.
Fluoreszeinprobe,
— bei Wasserbegutachtung 238.
— bei Prüfung der Trinkwasserbereiter 317.
Flußverunreinigung durch Abwässer 375.
Formationen, geologische 2.
Frostrohre der Brunnen 264.
Füllkörper, biologische,
— Einrichtung 406.
— Reinigung 410.
Fundament 7, 28.
Fußboden 42.
— Holzfußboden 43.
— massive Fußböden 45.
— Anstrich 44.
— Wärme- und Schalleitungsvermögen 46.
— Kälte 49.

Gallerien zur Wassersammlung 271.
Gasbeleuchtung 92.
Gasglühlicht, Beleuchtung durch 102.
— Lichtstärke 71, 97.
— hängendes 103.
— stehendes 103.
Gasöfen 134.
Gasuhr 93.
Gebäude, Abstand 26.
— Himmelsrichtung 23.
— Höhe 27.
— Unterkellerung 30.
— Beziehbarkeit 59.
Geologische Beurteilung des Bodens 2.
Germaneofen 137, 139.
Geruch des Wassers 202, 220.
— Prüfung 207.
Geschmack des Wassers 202, 220.
— Prüfung 207.
Gesamthärte des Wassers 211.
Gesamtventilation, Bestimmung 185.
Gifte, Uebertragung durch Wasser 201.
Glasprismen, zur Erhöhung der Raumhelligkeit 84.
Gleichstrom, 108, 113.
Glimmer 10.
Glühstrümpfe 102.
Glühverlust des Wassers 211.
Granit 10.
Grimmsches Absitzbecken 387.
Groveseher Sauger 98.
Gruben, pneumatische Entleerung 344.
— Ventilation 341.
Grubengase, Verunreinigungen der Luft durch 329.
Grubensystem 340.
Grundstück, Bebauung 22.
Grundwasser 187, 188.
— Beziehung zum Boden 6, 14.
— chemische Zusammensetzung 190.
— Enteisenung 242.
— Keimgehalt 227.
Grundwasser-Versorgungsanlagen 257.
— Ortsbesichtigung bei 239.
Gullys 259, 360.

Harn, Beseitigung 338.
Härte des Wassers 190, 225.
— Beseitigung 250.
— Bestimmung 211.
Hausabwässer 326.
Hausgebrauchswasser,
— Anforderungen 197.
— Beseitigung 354.
Hauskanalisation 364.
Hausschwamm 61.
Hefnerlicht 74.
Heizkörper 144, 150.
Heizstoffe 125.
Heizung 122.
Hochbehälter für Wasserleitungen 287.
Hochdruckdampfheizung 146.
Hochdruckheißwasserheizung 145.
Hochquellen 190.
Holz als Brennstoff 126.
Holzfußböden 43.
Holzzementdach 57.
Howortsches Windrad 182.
Huminsubstanzen im Wasser 190, 223.
Humus 5, 6.
Hungerquellen 193.
Hydratwasser des Mörtels 67.

Infusorien im Wasser 236.
Innenwände 36.
Johnscher Ventilationsaufsatz 182.

Kachelofen 134, 140.
Kadaver, Vernichtung der 439.
Kalkfarbenanstrich 37.
Kalziumkarbid 98.
Kaminheizung 133.
Kanäle für Zu- und Abluft 181.
Kanalheizung 141.
Kanalisation.
— hygienische Bewertung 369.
— Systeme 356.
Kanalprofile 359.
Kanonenofen 135.
Kasematten, Luft in 14.
Kasernengeruch 160.
Kastenkühler der Trinkwasserbereiter 316.
Keller 30.
— Lüftung 31.
— Belichtung 31.
Kellerwohnungen 13.
Keimgehalt des Wassers 227.
— Bestimmung 215.
Kerzen 71, 86.
Kesselbrunnen 259.
— Begutachtung 241.
— Desinfektion 228.
— Enteisenungsvorrichtungen 271.
— Verbesserung 270.
Kies als Baugrund 1.
Kies als Baumaterial 6.
— Korngröße 7.
Kieselalgen im Wasser 234.
Kieselgurfilter s. Berkefeldfilter.
Kippfenster 162.
Klärbrunnen 387.
Klärgruben 356.
Kleinfilter 253, 307.
Klosetträume, Ventilation der 343.
Klosettsystem Kullmann und Lina 366.
Kochapparate für Wasser 256, 310.
Kochsalzprobe bei Wasserbegutachtung 238.
Kohlebreiverfahren 418.
Kohlendunstvergiftung 130.
Kohlenoxyd 95, 98, 129, 130.
Kohlensäure, Bestimmung freier im Wasser 212.
Kohlensäuregehalt der Luft,
— bei Ventilation 163, 166.
— bei vollkommener Verbrennung 128.
Koks 93, 98, 126.
Koksöfen 66.
Kot, Menge 324.
— Zusammensetzung 325.
Kottrommeln 343.
Krankheitserreger, Uebertragung durch Wasser 197, 374.
— Nachweis in ihm 199.
Kremerscher Fettfang 390.
Kupfer im Wasser 226.
Kurzsichtigkeit durch ungenügende Helligkeit 73.

Latrinengräben 427.
Latrinensystem Werneck-Fulda 343.
Lehm als Baugrund 1.
Leichen, Bestattung 430.
— Verbrennung 438.
— Zersetzung 433.
Leichenhallen 432.
Leichenschau 432.
Leichenverbrennungsofen 437.
Leichenwachsbildung 434.
Leimfarbenanstrich 37.
Leitvermögen, elektrisches des Wassers 207.
Leptomitus lacteus 235, 237, 376.
Leuchtgas, Zusammensetzung 95.
— siehe auch Gasbeleuchtung.
Licht 70.
— Wirkung 70.
— Einheit und Messung 74.
— Menge 80.
— ultraviolettes, zur Wasserverbesserung 250.
Lichtstärke 71.
— der verschiedenen Beleuchtungsarten 81.

Liernursches System 368.
Linoleum 47.
Lockflamme in Luftabzugskanal 177.
Luft, Veränderung durch die Atmung des Menschen, Heizung, Beleuchtung 162.
— des Bodens 11.
Luftheizung 141.
Luftkubus 168.
Lüftung der Räume 160.
— im Sommer 183.
— im Winter 184.
— des Kellers 31.
Luftverschlechterung durch Beleuchtung 116.
Lukaslampe 104.
Lumineszenzbeleuchtung 85.

Mairichbrunnen 388.
Mangan im Trinkwasser 190, 225.
— Beseitigung 248.
— Nachweis 212.
Mannlöcher, Verschluß 269.
Mannschaftsaborte 339.
Manteirohre der Brunnen 261.
Massenaborte 339.
Mauerfraß 62.
Mauern 32.
— Trockenheit 33.
— Porosität 34.
— Wärme- und Schalleitungsvermögen 35.
Mergel 11.
Merulius lacrymans 64.
Metallfadenlampe 109.
Meteorwasser 187, 327.
Meteorwasserversorgungsanlagen 257.
Meterkerze 74.
Milben im Wasser 236.
Milleniumlicht 105.
Milzbrand, Uebertragung durch Wasser 198.
Mineralogische Beurteilung des Bodens 10.
Mischsystem 358.
Mitteldruckwarmwasserheizung 145.
Monas im Wasser 236.
Monierkonstruktion 33.
Moräne 3.
Mörtel 30.
— Hydratwasser des 67.
Müll, Beseitigung 332.
— Menge 324.
— Verbrennung 337.
— Verwertung 335.
— Zusammensetzung 324.
— zur Aufschüttung des Bodens 19.
Müllabladeplätze 336.
Müllgruben 333.
Müllschlote 335.
Müllverbrennungsofen 337.
Müllwagen 335.
Mumifikation 434.

Nernstlampe 111.
Neutrale Zone bei Ventilation 171.
Niederdruckdampfheizung 146.
Niederreservoire 287.
Nitrifikation 330.
Nitrobakterien 330.
Normalkerze 74.
Notauslässe 361.

Oberflächenwasser 187, 195.
— Keimgehalt 228.
Oberflächenwasser-Versorgungsanlagen 247.
— Begutachtung 240.
Ofenklappe 130.
Offizierheim Taunus 150.
Oeffnungswinkel 82.
Oelfarbenanstrich 37.
Oelsiphon 352.
Orientierung der Gebäude 23.
Ortsbesichtigung der Wasserversorgungsanlagen 237.
Oscillaria im Wasser 234.
Osmiumlampe 111.
Osramlampe 111.
Oxydationskörper 406.
— Wirkungsweise 415.
Ozon zur Wasserverbesserung 249.
Ozonisierungsanlagen 281.
— Betriebskontrolle 299.

Paraffinkerze 71, 87.
Paramaecium Aurelia im Wasser 236.
Paratyphusbazillen,
— Uebertragung durch Wasser 198, 200.
— Nachweis im Wasser 217.
Parquett 44.
Permeabilität des Bodens 8.
Permutite zur Wasserverbesserung 248, 250.
Petroleumbeleuchtung 88.
Petroleumglühlicht 106.
Petroleumlampen, Lichtstärke 71.
Petroleumöfen 134.
Pfeiffers Lichtmesser 80.
Phosphorwasserstoff bei Acetylenanlagen 98.
Photometer (Webers) 74.
Phycochromaceen im Wasser 234.
Pilze im Wasser 234.
Pissoire 351.
Platzhelligkeit 74.
Porengröße und Porenvolumen des Bodens 8.
Porosität der Mauern 34.

Porzellanfilter 254.
Poudrette 351.
Preßfilter nach Kroehncke 247.
Preßkohle 126.
Profil des Bodens 5.
Protozoen, Uebertragung durch Wasser 201.
Pumprohre der Brunnen 262.

Quartärformationen 2.
Quarz 10.
Quellwasser 187, 190.
— Chemische Zusammensetzung 194, 222.
— Keimgehalt 228.

Rabitzwand 36.
Radiatoren 152.
Rauchgase 127.
Rauchgasanalysatoren 128.
Raumwinkelmesser 75.
Reaktion des Wassers 221.
— Feststellung 207.
Recknagels Differentialmanometer 172.
Reflektor zur Erhöhung der Raumhelligkeit 84.
— für indirekte Beleuchtung 115.
Regenerativgasbrenner, invertierter 96.
Regenwasser 187, 327.
Regenwasser-Versorgungsanlagen 257.
Regulierfüllofen 136.
Reguliervorrichtungen für Filteranlagen 277.
Reichskasernenofen 135.
Reservoire für Wasser 273, 286.
Rhizopoden im Wasser 235.
Riemenfußboden 44.
Rieseler für biologische Klärverfahren 410.
— für Enteisenungsanlagen 243.
— für Ozonanlagen 284.
Rieselfelder, Anlage 398.
— Betrieb und Wirkung 399.
— Größe 400.
— hyg. Bedeutung 400.
Rieselverfahren bei Abwässerreinigung 397.
Rippenheizkörper 152.
Rohrbrunnen, Einrichtung 259.
— Begutachtung 241.
— Desinfektion 227.
— Enteisenungsvorrichtungen 262.
Röhrenkühler der Trinkwasserbereiter 316.
Rohrnetz der Wasserleitungen 287.
— Desinfektion 290.
Rohrschlangen als Heizkörper 152.
Rotatorien im Wasser 236.
Rothe-Röcknerscher Klärturm 418.
Ruhrbazillen, Uebertragung durch Wasser 198.
— Nachweis in ihm 217.
Ruß 127.

Salpetersäure und salpetrige Säure im Wasser 224.
— Nachweis 210.
Sammelbehälter für Wasser in Gebäuden 290.
— in Forts 301 (s. auch Reservoire).
Sammelheizung s. Zentralheizung.
Sammelsystem bei Abfallstoffbeseitigung 358.
Sand, als Baugrund 1.
— als Bodenschicht 4, 5.
— Korngröße 7.
Sandfänge 382, 384.
Sandfilter für Oberflächenwasser 251, 275.
— Betriebskontrolle 296.
Sauger der Brunnenrohre 260, 261.
Saugköpfe 179, 182.
Saugrohre der Brunnen 262.
Schalentropfkörper 413.
Schalleitungsvermögen der Mauern 34.
— der Innenwände 37.
— des Linoleums 49.
Schieferdach 54.
Schimmelbildung in Gebäuden 63.
Schindeln 68.
Schlagbrunnen bei Wasserbegutachtung 239.
Schlagregen 33, 62.
Schlamm als Bodenbestandteil 7.
— in Kesselbrunnen 269.
— bei Abwasserbeseitigung 420.
Schneeblindheit 73.
Schnellfiltration, amerikanische 253, 279.
Schnellumlaufheizung 145.
Schutz der Fenster gegen Sonnenstrahlung 25.
Schwefelsäure im Wasser 225.
— Nachweis 211.
Schwefelwasserstoff im Wasser 225.
Schwemmkanalisation 358.
Schwemmklosett 366.
Sehschärfe 70, 73.
Seidelsche Formel für Gesamtventilation 185.
Selbstreinigung des Bodens 19.
— der Gewässer 373.
Shonesches System 369.
Sickergräben zur Entwässerung des Bodens 16.
Sickergruben zur Trinkwassersammlung 271.
Sickerschächte für Abwässer 355.
Silikate 10.

Sinkkästen 360.
Siphon als Geruchsverschluss 364.
Sohlstücke für Tropfkörper 411.
Sonnenlicht, Spektrum des 72.
Sphaerotilus natans 235, 237, 376.
Spiritusglühlicht 106.
Sprinkler 410.
Spülgruben 357.
Spülkanalisation 356.
Stabfußboden 44.
Städteassanierung 370.
Starkstrom, Vorsichtsmaßregeln 120.
Staubversengung auf Heizkörpern 130, 146.
Stauverfahren für Abwässer 406.
Stauweiher s. Talsperren.
Stearinkerze 71, 87.
Steine, hygroskopisches Verhalten 33.
— Porosität 34.
Steinkohlen 126, 127.
Stoffe, organische im Wasser 223.
— Bestimmung 209.
Straßenkanäle 359.
— Gefälle 362.
— Lüftung 362.
— Spülung 363.
Straßenkehricht, Beseitigung 338.
— Menge und Zusammensetzung 324.
Stylonichia im Wasser 236.
Sucrofilter 254.

Tabaksrauch, Luftverschlechterung durch 165.
Talsperren 196, 274.
Tantallampe 110.
Tapeten 37.
Temperatur des Bodens 11.
— des Wassers 202, 205, 220.
— der Wohnräume 124.
Temperaturregler, automatische 153.
Tertiärformationen 3.
Tiefbrunnen 258.
Tiefquellen 193.
Tierkörpermehl 441.
Ton als Baugrund 1.
— als Bodenschicht 5, 6.
— als Gesteinsart 11.
Tonnensystem, Heidelberger 346.
Tonnenwagen 347.
Tonschiefer 11.
Torf als Baugrund 1.
Torfstreuklosetts 349.
Trennsystem bei Beseitigung der Abfallstoffe 367.
Treppen 52.
Trichterklosett 366.
Trinkwasser, Anforderungen 197.
— Beurteilung 219.
— Enteisenung 242.
— Filtration 251.
— Kochen 255.
Trinkwasser, Krankheitsübertragung durch 197.
— Untersuchung 205.
— Verbesserung durch Chemikalien 248.
Trinkwasserbereiter, fahrbare 311.
— tragbare 319.
Trockenheit der Mauern 33.
Tropfkörper, biologische 410.
— Betrieb 412.
— Größe 414.
Trübungen im Wasser 202, 220.
— Prüfung 206.
Türen 51.
Typhusbazillen, Uebertragung durch Wasser 197, 200, 201.
— Nachweis in ihm 217.

Unterdruck-Vakuumheizung 147.
Untergrund eines Gebäudes 6, 7.
Untergrundberieselung 404.
Urinierbecken 351.
Urinöle 351.

Ventilation, natürliche 170.
— künstliche 175.
Ventilationsbedarf 166.
Ventilationsheizung 136, 141.
Ventilatoren 175.
Ventilbrunnen 290.
Verschlußklappen im Schornstein 130.
Vorfluter für Abwässer 376.
Vorticella im Wasser 236.
Verwerfungen der Bodenschichten 7.

Wachskerze 71.
Wärmebedarf 123.
— Berechnung 123, 124.
Wärmeerzeugung durch Licht 71.
Wärmeleitungsvermögen,
— der Mauern 34.
— des Linoleums 48.
Wärmeregulierung 122.
Waringsches Verfahren 369.
Washout-Klosett 367.
Wasser, s. Trinkwasser, Hausgebrauchswasser, Betriebswasser.
Wasserbedarf 203.
— in Kasernen 204, 300.
Wassergas 97.
Wasserheizung 143.
Wasserkapazität des Bodens 8.
Wasserkeller in Forts 301.
Wasserklosetts 365.
Wasserprüfungsliste 303.
Wasserstoffsuperoxyd zur Wasserverbesserung 249.
Wassertürme 287.
Wasserversorgung 187.
— der Truppen in der Garnison 300.

Wasserversorgung bei Truppenübungen und im Felde 304.
Wasserversorgungsanlagen, Einrichtung 256.
— Betrieb und Ueberwachung 293, 301, 304.
Wasserwagen 306.
Webers Photometer 74.
— Raumwinkelmesser 75.
Wechselstrom 108, 113.
Weilsche Krankheit, Uebertragung durch Wasser 198.
Wellblechdach 55.
Wendeltreppen 53.
Wetterseite der Gebäude 25, 33, 68.
Wingens Helligkeitsprüfer 77.
Wohnungsfeuchtigkeit 60.
— Nachweis 67.
— Verhütung und Beseitigung 68.
Wolperts Luftsauger 182.
Würmer, Uebertragung durch Wasser 201, 236.

Zapfhähne der Wasserleitungen 290.
Zement 30.
Zentralheizung 132, 141.
— hygienische Bedeutung 158.
— in militärischen Gebäuden 132.
— s. auch Luftheizung, Niederdruckdampfheizung, Warmwasserheizung.
Ziegelsteine zu Mauern 33.
— zur Dachbedeckung 55.
Zink im Wasser 226, 289.
Zirkulationsheizung 141.
Zisternen 257.
Zug im Schornstein 129.
Zungenklosett 366.
Zwischenböden 40.

Druck von L. Schumacher in Berlin N. 24.

COUNTWAY LIBRARY
3 2044 113 671 325

COUNTWAY LIBRARY
3 2044 113 671 325
HD